

ISSN 1682-721X

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ MINERAL RESOURCES OF UKRAINE УКРАЇНИ



*З Новим Роком
та Різдвам Християнам!*

ISSN 1682-721X



9 771682 721002

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC JOURNAL

4'2019

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Науковий журнал, виходить 4 рази на рік,
грудень 2019 р.
Видається з 01.03.1994 р.

MINERAL RESOURCES OF UKRAINE

Scientific journal, is published 4 times per year,
December 2019
Published since 01.03.1994

УДК 55(477)(051)
ББК 26.3(4УКР)Я5
М61

ЗАСНОВНИК / FOUNDER

Український державний геологорозвідувальний інститут
Ukrainian State Geological Research Institute

Зареєстровано в Державній реєстраційній службі
України, свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 23790-13630ПР від 15.03.2019 р.

Registered in the State Registration Service of Ukraine,
certificate of state registration
KV № 23790-13630PR dated 15.03.2019

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР / EDITOR-IN-CHIEF

Георгій Ілліч Рудько
Georgii Illich Rudko

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ / EDITORIAL TEAM

С. В. Гошовський / S. Goshovskyi

(заст. головного редактора / Deputy editor)

О. В. Зур'ян / O. Zurian

(заст. головного редактора / Deputy editor)

С. О. Некрасова / S. Nekrasova

(відповідальна секретарка / Executive secretary)

В. І. Бондаренко / V. Bondarenko, Ю. І. Войченко / Yu. Voitenko,

Л. В. Ісаков / L. Isakov, М. М. Костенко / M. Kostenko,

О. В. Кравченко / O. Kravchenko, М. Д. Красножон /

M. Krasnozhon, Е. Д. Кузьменко / E. Kuzmenko,

Я. Г. Лазарук / Ya. Lazaruk, Н. Г. Люта / N. Lyuta,

Г. Г. Лютий / G. Lyutyi, О. І. Ляшенко / O. Liashenko,

В. А. Михайлов / V. Mykhailov, О. В. Плотніков /

O. Plotnikov, О. М. Пономаренко / O. Ponomarenko,

В. Л. Приходько / V. Prykhodko, В. В. Сукач / V. Sukach,

В. М. Хоменко / V. Khomenko, М. М. Шаталов / M. Shatalov,

С. О. Яковлев / Ye. Yakovlev

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЯ / INTERNATIONAL EDITORS:

Ад. А. Алієв / Ad. Aliyev, М. М. Зінчук / M. Zinchuk,

Лін Лі / Lin Li, А. Пестржинський / A. Piestrzynski,

Т. Тодоров / T. Todorov, В. Вімблдон / W. Wimbledon,

А. Шашмаз / A. Şaşmaz, Шенжі Юнг / Chenggui Jing

Відповідальний за випуск / Responsible for the issue

М. М. Костенко / M. Kostenko

У разі передруку посилання на

“Мінеральні ресурси України” обов'язкове

In the case of the reprint – reference to

“Mineral Resources of Ukraine” is obligatory

Рекомендовано до друку вченою радою УкрДГРІ
протокол № 3 від 30.09.2019 р.

Видавництво УкрДГРІ, свідоцтво про державну
реєстрацію № 182 серія ДК від 18.09.2000 р.

04114, м. Київ, вул. Автозаводська, 78А

Publisher UkrDHRI, Certificate of state
registration № 182 series DK dated September 18, 2000

04114, Kyiv, str. Avtozavodska, 78A

Наукове видання внесено до переліку наукових
фахових видань України з геологічної
й технічної галузей науки

Накази Міністерства освіти та науки України
№ 515 від 16.05.2016 р., № 820 від 11.07.2016 р.

Журнал індексується в Google Scholar.

2016 року його зареєстровано в системі

Index Copernicus з индексом ICV2018 = 75,87.

З лютого 2019 р. журнал унесено в базу DOAJ.

Адреса редакції:

04114, м. Київ, вул. Автозаводська, 78А

© УкрДГРІ, 2019

4/2019

ЗМІСТ / CONTENTS

ПОНОМАРЕНКО О. М., ЗАЯЦЬ О. В., САМЧУК А. І., ШВАЙКА І. А., ПРОСКУРКА Л. І. / PONOMARENKO O., ZAIATS O., SAMCHUK A., SHVAIKA I., PROSKURKA L.

Розподіл рідкісноземельних елементів у русько-полянських
гранітах та акцесорних флюоритах
Distribution of rare earth elements in Ruska Poliana granites
and accessory fluorites

3

Життя, присвячене геології (з нагоди 70-річчя від дня
народження Миколи Михайловича Костенка)
Life devoted to geology (on the occasion of the 70th anniversary
of Mykola Kostenko's birth)

9

КОСТЕНКО М. М. / KOSTENKO M.

Стратиграфія та кореляція розрізів докембрійського
фундаменту центральної частини Українського щита
Stratigraphic basement and correlation of the precambrian
central part cuts of the Ukrainian shield

11

ПОХИЛКО А. М. / POKHYLKO A.

Проблема аномально низьких пластових тисків на
нафтогазових родовищах України
The problem of abnormally low formation pressure on the oil
and gas fields in Ukraine

17

РУДЬКО Г. І. / RUDKO G.

Роль гірничодобувної промисловості в економіці світу та України
The role of mining industry in the world economy
and the economy of Ukraine

23

КУЗЬМЕНКО Е. Д., ДАВИБІДА Л. І., БАГРІЙ С. М., ЧЕПУРНИЙ І. В. / KUZMENKO E., DAVYBIDA L., BAGRIY S., CHERPURNYI I.

Аналіз і моделювання гідрогеодинамічної ситуації в районі
Стебницького родовища калійних солей
Analysis and modeling of the hydrogeodynamic situation
within the Stebnyk deposit of potassium salts

30

ХУДУЗАДЕ А. І., АХУНДОВ Ш. Х., ШАБАНОВА С. В., ІМАМАЛІЛІ Т. М., ІСМАЙЛОВ О. Ш. / KHUDUZADE A., AKHUNDOV Sh., SHABANOVA S., IMAMALILI T., ISMAYLOV O.

Моделювання тектонічної ситуації і прогнозування просторового
розподілу покладів вуглеводнів у Середньокуринській западині
(на прикладі Гянджинського нафтогазоносного району)
Modeling of the tectonic position and prediction of the spatial
distribution of hydrocarbon deposits in the Middle Kura depression
(examples from the Ganja oil and gas-bearing region)

38

ЗУР'ЯН О. В., ЛІХОШЕРСТОВ О. О. / ZURIAN O., LIKHOSHERSTOV O.

Аспекти створення сховища даних (data warehouse) первинної
геолого-геофізичної інформації
The data warehouse for primary geological and geophysical data:
an aspect of creation

45

До 100-річчя від дня народження Марка Лейбовича Левенштейна
To the 100th anniversary of Mark Levenshtein

50

Світлої пам'яті В'ячеслава Якимовича Великанова
In the blessed memory of Viacheslav Velikanov

51

УДК 550.4:553.493.6 (477.46)

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.4.3-8>

О. М. ПОНОМАРЕНКО, д-р геол. наук, професор, старший науковий співробітник, директор (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), igmrponomarenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5179-6091>,

О. В. ЗАЯЦЬ, канд. геол. наук, науковий співробітник (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), olgarabbite@ukr.net, olgarabbite@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5011-029X>,

А. І. САМЧУК, д-р хім. наук, старший науковий співробітник (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), igmrmsamchuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8992-9112>,

І. А. ШВАЙКА, канд. геол. наук, науковий співробітник (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), ishvaika@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9585-4380>,

Л. І. ПРОСКУРКА, молодший науковий співробітник (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), igmrproskurko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5760-2000>

O. PONOMARENKO, Doctor of Geological Sciences, Professor, Senior Researcher, Director (M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine), igmrponomarenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5179-6091>,

O. ZAIATS, PhD in Geological Sciences, Research Fellow (M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine), olgarabbite@ukr.net, olgarabbite@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5011-029X>,

A. SAMCHUK, Doctor of Chemistry Sciences, Senior Researcher (M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine), igmrmsamchuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8992-9112>,

I. SHVAIKA, PhD in Geological Sciences, Research Fellow (M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine), ishvaika@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9585-4380>,

L. PROSKURKA, Junior Researcher (M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine), igmrproskurko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5760-2000>

РОЗПОДІЛ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У РУСЬКО-ПОЛЯНСЬКИХ ГРАНІТАХ ТА АКЦЕСОРНИХ ФЛЮОРИТАХ

DISTRIBUTION OF RARE EARTH ELEMENTS IN RUSKA POLIANA GRANITES AND ACCESSORY FLUORITES

Русько-Полянський гранітний масив розміщений у північно-східній частині Корсунь-Новомиргородського плутону Українського щита (УЩ). У південно-східній частині масиву залягають граніти з рідкіснометалевою мінералізацією. Із цієї частини масиву аналізували граніти та флюорити чотирьох інтервалів глибин сверд. № 8568, пробуреної поблизу с. Руська Поляна.

За результатами аналізу ICP MS виявлено, що серед досліджених флюоритів найвищий уміст лантанодів (26933 г/т) та ітрію (11705 г/т) спостерігається у флюоритах із сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітів верхньої частини свердловини, до того ж сіро-рожеві дрібно-середньозернисті граніти мають найнижчий сумарний уміст лантанодів (218 г/т). Найнижчий рівень лантанодів (692 г/т) та ітрію (831 г/т) визначено у флюоритах з рожево-сірих середньо-грубозернистих гранітів найглибшої частини свердловини. Рожево-сірі середньо-грубозернисті граніти характеризуються високим умістом лантанодів (797 г/т).

Ключові слова: рідкісноземельні елементи, флюорит, русько-полянські граніти, Корсунь-Новомиргородський плутон, Український щит.

Fluorite is one of the main concentrators of rare earth elements (REE) in the granites of the Ruska Poliana massif of the Korsun-Novomyrhorod pluton of the Ukrainian Shield. Despite its distribution in the granites of the massif, the geochemical features of the fluorites have not yet been investigated. The aim of this work was to determine the content of REE in the fluorites, the granites and to study the distribution of REE in the fluorites and granites containing this mineral.

The content of REE in 4 samples of the granites and 4 monofraction the fluorites from these granites (well № 8568) was determined by the ICP MS method on the Element-2 device at M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine (Kyiv). The well № 8568 was drilled in the southeastern part of the Ruska Poliana granite massif of the Korsun-Novomyrhorod pluton of the Ukrainian Shield (Ruska Poliana Village). In this part, the researchers revealed granites with rare metal mineralization. The investigated granites of well are represented by 3 types: the gray-pink fine-medium-grained granites (type I) (156,1–158,0 m), the gray-pink porphyritic granites (type II) (174,6–176,5 m), the gray medium-coarse-grained granites (type III) (225,0–227,0 m) and the pink-gray medium-coarse granites (type III) (239,6–242,0 m).

According to the results of the ICP MS analysis, the highest content of lanthanides (26933 ppm) and yttrium (11 705 ppm) was observed in fluorites from the gray-pink fine-medium granites of the upper part of the well. But the gray-pink fine-medium granites have the lowest total lanthanide content (218 ppm). The lowest levels of lanthanides (692 ppm) and yttrium (831 ppm) were determined in the fluorites of the pink-gray medium-coarse grained granites of the deepest part of the well. The pink-gray medium-coarse granites are characterized by high lanthanide content (797 ppm).

The fluorites from Ruska Poliana of the gray-pink fine-medium grained granites can be compared with the fluorite from Perga granite by the total content of lanthanides.

Among the rock-bearing minerals in biotites from the Ruska Poliana granites of different depths of the well, there is a high content of REE, almost at the level of the granites themselves. Such a high level indicates the presence of inclusions of accessory minerals enriched with REE in the biotites, especially fluorites.

Keywords: rare earth elements, fluorite, Ruska Poliana granites, Korsun-Novomyrhorod pluton, Ukrainian shield.

Вступ. Формування сучасних уявлень про геологічну будову, петролого-геохімічні особливості гранітів Русько-Полянського масиву північно-східної частини Корсунь-Новомиргородського плутону відбулося завдяки комплексу геологічних робіт, які в 70–80-х роках ХХ століття виконувало ДП “Укр-

центргеологія” та у 2009–2013 рр. – ПДРГП “Північгеологія”. У південно-східній частині масиву було виявлено контрастні геохімічні аномалії Zr, Nb, Y, Be, рідкісноземельних (РЗЕ) та інших елементів. Їхнім основним концентратором у гранітах є широкий спектр акцесорних мінералів: циркон, евксеніт-(Y), мінеральні різновиди аланіт- та бітоліт-серій, топаз, флуоро-апатит, ксенотим-(Y), монацит-(Ce), колумбіт-(Fe), гадолініт-(Y), синхізит-(Ce), бастнезит-(Y), паризит-(Ce) (?) та інші [8].

Однак найпоширенішим є флюорит, уміст якого в кислих породах масиву дещо перевищує значення, притаманні рапаківі Корсунь-Новомиргородського плутону УЩ. Попри поширеність флюориту в гранітоїдах Русько-Полянського масиву, геохімічні особливості його як можливого мінерала-концентрація РЗЕ досі не досліджено. Адже в магматичних породах основними носіями РЗЕ можуть бути мінерали кальцію, що зумовлено близькістю іонних радіусів РЗЕ і Са. У гранітоїдах Русько-Полянського масиву таким мінералом також може бути флюорит, який і вибрано в ролі об'єкта дослідження.

Мета роботи полягала у визначенні вмісту РЗЕ у флюоритах і русько-полянських гранітах, що їх уміщують, та дослідженні в них розподілу РЗЕ.

Геологічне положення й будова Русько-Полянського гранітного масиву. Русько-Полянський масив розміщений у північно-східній частині Корсунь-Новомиргородського плутону Інгульського мегаблока УЩ (рис. 1). Масив має овальну форму. Він витягнений з південного сходу (с. Руська Поляна) на північний захід (с. Хрещатик) завширшки на 40 км і охоплює площу приблизно 340 км². У південно-східній частині Русько-Полянського гранітного масиву залягають граніти з рідкісметалевою мінералізацією. Серед масиву русько-полянських середньо-грубопорфіроподібних гранітів південно-східніше с. Руська Поляна спостерігаються тіла кварцових сієнітів площею до 3,0 км² (рис. 1). Також у південній частині гранітного масиву залягає однойменний масив габроноритів та анортозитів. Північний контакт анортозитового масиву з русько-полянськими гранітами проходить уздовж Русько-Полянського розламу. На півдні та сході Русько-Полянський масив контактує з біотитовими й піроксен-біотитовими гнейсами чечелівської світи інгуло-інгулецької серії та вміщує їх у вигляді ксенолітів. Згідно з даними ДП “Укрцентргеологія” (Черкаської ГРЕ) масив розміщений у зоні скидів північно-західного простягання й граніти поширені в апікальній частині Корсунь-Шевченківського масиву рапаківі. На денну поверхню граніти масиву не виходять, вони залягають під осадовим чохлам потужністю 80–145 м і розкриті численними свердловинами. На південному заході гранітоїдний масив межує з грубо-середньоовідними біотит-амфіболовими й біотитовими гранітами рапаківі.

Русько-Полянський масив утворений різними за структурою гранітами: порфіроподібними різновидами з різною кількістю вкраплення калієвого польового шпату, різнозернистими гранітами від дрібно- до грубозернистих. За мінеральним складом русько-полянські граніти – мусковіт-біотитові, біотитові, амфібол-біотитові іноді мають склад граносієнітів [3].

Основу масиву, за даними дослідників ДП “Укрцентргеологія”, становлять сублужні суттєво калієві граніти, граніти нормального ряду представлені в підпорядкованій кількості [3]. Серед різновидів русько-полянських гранітів сублужні граніти вирізняються найвищою сумою лугів (до 10 %). За кремнекислотністю русько-полянські граніти належать до лейкогранітів і гранітів.

Вік гранітів Русько-Полянського масиву, визначений U-Pb методом за цирконом, становить 1758 ± 3 млн років [3].

Методика досліджень. Для аналітичних досліджень відібрано проби кернів гранітів із чотирьох інтервалів глибин свердловини № 8568 (156,1–158,0; 174,6–176,5; 225,0–227,0 та 239,6–242,0 м) методом пунктирної борозни. З них було підготовлено чотири аналітичні наважки та чотири монофракції флюоритів в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України. У процесі петрографічних досліджень гранітів використано поляризаційні мікроскопи “МН-8” та “Nikon eclipse LV100Pol”. Для класифікації їхніх структур застосовано термінологію Ю. Ір. Половинкіної [6].

Уміст РЗЕ у флюоритах і гранітах, які їх уміщують, визначено методом мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою (ICP MS) з використанням аналізатора Element-2 в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України (аналітики: провідний інженер І. Д. Швайка, молодший науковий співробітник О. Г. Антоненко). Еталоном для флюоритів слугує міжнародний стандарт Rare Earth ICP-MS Standard CMS-1, а функцію стандартного зразка для порід виконує внутрішньолабораторний атестований зразок граніту.

Проби гранітів і флюоритів до аналізу готували за такою схемою. У дослідженнях застосовували концентровані кислоти HF, HCl, HNO₃, H₂SO₄ (Merck, Німеччина). Воду з опором 18,2 МОм одержано з використанням системи Direct-03 фірми “Millipore”. Проби розчиняли в МХ-печі ETNOS фірми “Milestone” (Італія). Робоча частота МХ-випромінювання становила 2450 МГц, максимальна потужність – 1600 Вт. Сенсор з керамічним і тефлоновим покриттям надавав значення температури й часу розкладення природних об'єктів і контролював параметри під час реакції в автоклавах за допомогою терміналу з кольоровим монітором (VCA-640–480). Процес реакції в автоклавах відбувався в автоматичному режимі відповідно до вибраної програми й зображувався графічно на екрані комп'ютера.

Зразки до ICP MS аналізу готували за такою аналітичною схемою. Наважки проб 0,05 г поміщали до автоклава

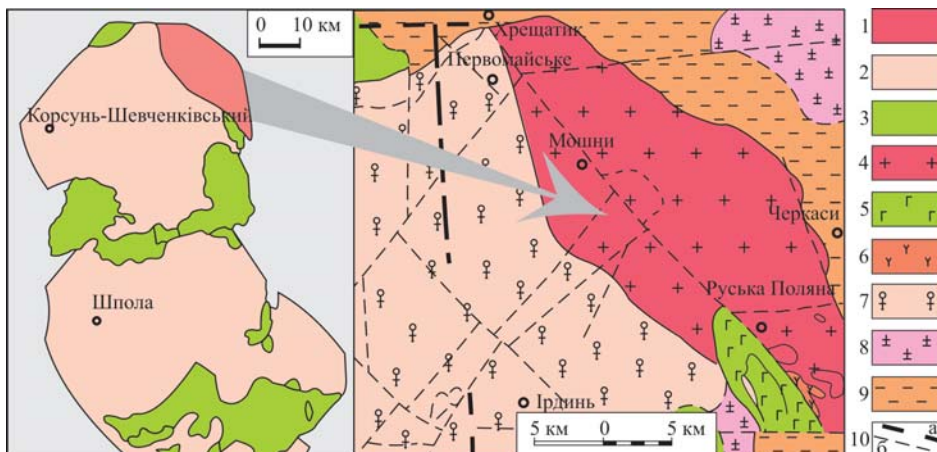


Рис. 1. Схематична геологічна карта кристалічного фундаменту [8] з доповненнями. М-б 1:200 000. Державна геологічна карта України. Центральноросійська серія. Аркуш М-36-XX (Корсунь-Шевченківський), за матеріалами ДП “Північгеологія”

1 – Русько-Полянський масив; 2 – рапаківі Корсунь-Новомиргородського плутону; 3 – основні породи Корсунь-Новомиргородського плутону; 4 – граніти Русько-Полянського масиву; 5 – русько-полянські габро-анортозити та анортозити; 6 – сієніти, кварцові сієніти Русько-Полянського масиву; 7 – рапаківі Корсунь-Шевченківського масиву; 8 – іроградські граніти; 9 – породи інгуло-інгулецької серії; 10 – розрізні порушення: а – імовірні головні, б – імовірні другорядні

з кислотами: 2 мл HF, 1 мл H₂SO₄, 3 мл HCl та 2 мл HNO₃. Ротор з автоклавами розміщували в МХ-печі, яку нагрівали за температури 240 °С впродовж 30 хв. Якщо розкладення проби було не повним, оброблення повторювали. Після охолодження автоклава розчин випаровували на піщаній бані до появи густих білих парів сірчаної кислоти. Залишок солей розчиняли з нагріванням у 5 %-й азотній кислоті. Розчин доводили до позначки 3 %-м розчином азотної кислоти.

Чутливість визначення елементів становить 0,02–0,05 г/г з відносним стандартним відхиленням 0,10–0,15.

Для графічного зображення результатів умісту РЗЕ у флюоритах застосовано нормування по хондриту за працею [10]. Суму РЗЕ церієвої підгрупи визначали як $\Sigma Ce = La + Ce + Pr + Nd + Sm + Eu + Gd$, а суму РЗЕ ітрієвої підгрупи – $\Sigma Y = Tb + Dy + Ho + Er + Tm + Yb + Lu$ за В. А. Невським [5]. Аномалії Eu (Eu/Eu*) обчислено за формулою $Eu/Eu^* = Eu_N / (Sm_N \cdot Gd_N)^{1/2}$, де $Eu^* = (Sm_N \cdot Gd_N)^{1/2}$.

Загальна петрографічна характеристика гранітів свердловини. Досліджені граніти розкрито свердловиною № 8568 на глибині 137,5–252,5 м. У верхній частині розрізу свердловини спостерігаються сіро-рожеві дрібно-середньозернисті мусковіт-біотитові, біотитові граніти з незначною кількістю дрібних порфіроподібних виділень мікрокліну. Граніти глибинної частини розрізу свердловини – це різноманітні за кольором, переважно середньо-грубозернисті, порфіроподібні біотитові граніти з невеликою кількістю амфіболу й жилами аплітоподібних гранітів. Ці жили повністю позбавлені порфіроподібних укрощень мікрокліну.

Текстура гранітів масивна, на окремих ділянках трахітоїдна й директивна. Для досліджених порід характерні різноманітні структури. Найчастіше їм притаманна ксеноморфнозерниста й іноді гранітна структури. Дрібно-середньозернистим гранітам верхньої частини свердловини властива часто аплітова структура, в якій кварц іноді набуває ідіоморфних обрисів, а також дрібнопорфіроподібна та пойкило-пегматитова структури. Глибинніші граніти, що вміщують великі кристали мікрокліну, іноді характеризуються порфіроподібною структурою з підпорядкованим значенням пойкилової та пойкилопегматитової структур. Основна маса цих гранітів має ксеноморфнозернисту структуру. У глибокій частині розрізу свердловини в окремих шліфах спостерігається гранітна структура

– з ідіоморфними кристалами біотиту, гіпідіоморфними кристалами польових шпатів і ксеноморфним кварцом.

Русько-полянські граніти зазнали слабого катаклазу. Він фіксується в таких структурних змінах, як одночасна поява непорушених ділянок і ділянок роздробленого матеріалу. Мікрозерниста кварц-польовошпатована маса утворює цемент поміж ділянками середньозернистої непорушеної структури. У цій масі спостерігаються скалкуваті зубчасті краї мінералів, вигинання й роздробленість пластинчастих зерен біотиту, вигинання двійників плагіоклазу, а також на тлі середньозернистої маси спостерігаються ділянки роздробленого кварц-біотитового матеріалу з розміром зерен менш як 0,5 мм і незначною директивністю зерен мінералів. Крім того, про наявність катакlastичних процесів свідчать перекристалізовані дрібні зерна кварцу, що заліковують тріщини в мінералах та облямовують більші зерна кварцу й хвилясто-блокове згасання кварцу в схрещених ніколях.

Мінеральний склад гранітів з глибиною істотно не змінюється. У верхній частині розрізу свердловини розвинені мусковіт-біотитові граніти, у глибшій – мусковіт-біотитові граніти з невеликою кількістю амфіболу.

Петрографічна характеристика досліджених типів гранітів і флюоритів свердловини. Граніти із чотирьох інтервалів свердловини (гл. 156,1–158,0; 174,6–176,5; 225,0–227,0 та 239,6–242,0 м) представлені трьома типами порід.

I тип (гл. 156,1–158,0 м) – це *сіро-рожеві дрібно-середньозернисті граніти* (рис. 2а). Серед дрібно-середньозернистої маси гранітів іноді спостерігаються ксеноморфні виділення мікрокліну й ідіоморфних табличчастих кристалів плагіоклазу розмірами до 1 см.

Мінеральний склад, об'ємні %: мікроклін – 50–60, кварц – 25–30, плагіоклаз – 10–20, біотит – 2–7, мусковіт – 0–1.

II тип (гл. 174,6–176,5 м) – *сіро-рожеві порфіроподібні граніти* (рис. 2б) з нерівномірною насиченістю вкраплень мікрокліну. Укращення представлені зональними овоїдами, ксеноморфними виділеннями, а також табличчастими зернами розміром від 1 до 3–4 см. На окремих ділянках спостерігається граніт з трахітоїдною текстурою, зумовленою закономірно орієнтованим розміщенням в основній масі породи великих кристалів мікрокліну. Фіксується кварц блакитного кольору. Мінеральний склад, об'ємні %: мікроклін – 35–50, кварц – 35, плагіоклаз – 10–20, біотит – до 5, мусковіт – менш як 1.

III тип гранітів (гл. 225,0–227,0 м та гл. 239,6–242,0 м) представлений двома різновидами: *сірим середньо-грубозернистими гранітами* (гл. 225,0–227,0 м) і *рожево-сірим середньо-грубозернистими гранітами* (гл. 239,6–242,0 м). У *сірих гранітах* (рис. 2в) іноді спостерігаються великі кристали плагіоклазу (до 2,5 см). Кількість плагіоклазу в них може збільшуватися до 40 %. *Рожево-сірі граніти* (рис. 2г) мають незначну кількість великих ксеноморфних, іноді овоїдних виділень мікрокліну (розміром до 2 см). Мінеральний склад III типу гранітів, об'ємні %: мікроклін – 25–60,

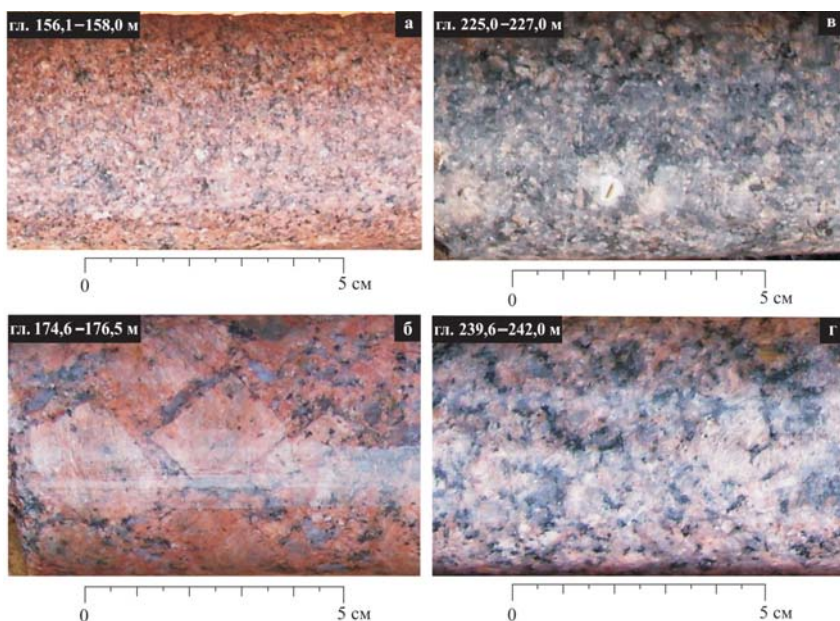


Рис. 2. Зразки кернів гранітів із чотирьох інтервалів глибин свердловини № 8568

а – сіро-рожеві дрібно-середньозернисті граніти (I тип); б – сіро-рожеві порфіроподібні граніти (II тип); в – сірі середньо-грубозернисті граніти (III тип); г – рожево-сірі середньо-грубозернисті граніти (III тип)

кварц – 20–35, плагіоклаз – 10–40, біотит – до 7, рогова обманка – 0–1.

Макроскопічно флюорит з досліджених русько-полянських гранітів чотирьох інтервалів глибин свердловини спостерігається у вигляді гнізд, прожилків, що

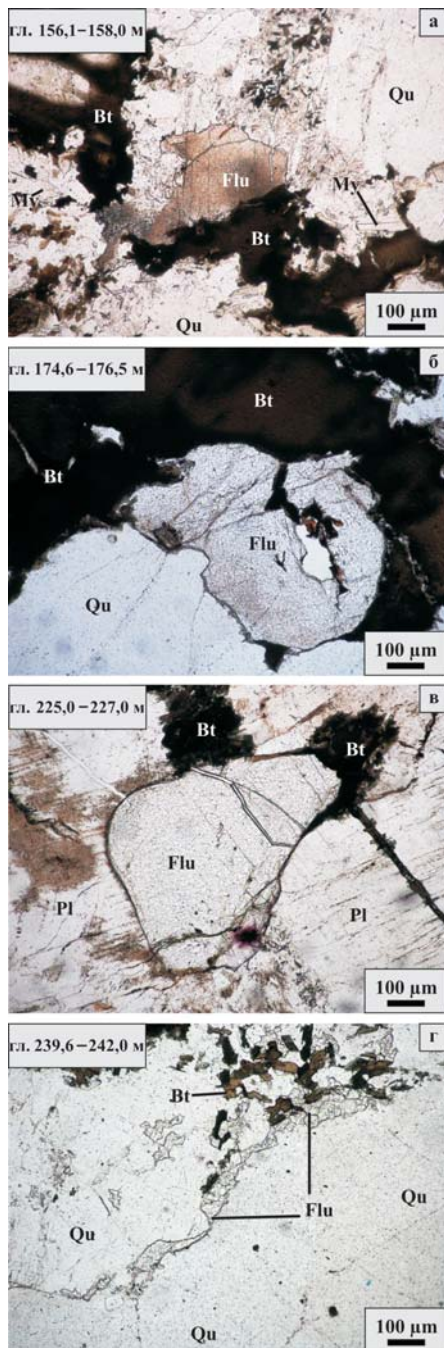


Рис. 3. Флюорити з русько-полянських гранітів чотирьох інтервалів глибин свердловини № 8568 у біотит-кварц-польовошпатовій масі під оптичним мікроскопом у прохідному світлі, без аналізатора

а, б – ксеноморфні нерівномірно забарвлені зерна флюориту, що межують з біотитом; в – табличчасте майже безбарвне зерно флюориту в плагіоклазі з фіолетовою плямою; г – прожилки безбарвного флюориту в мікротріщинному просторі породотвірних мінералів

заповнюють мікротріщини в гранітах, а також окремих зерен флюориту фіолетового кольору. У шліфах (рис. 3а, б, в, г) мінерал утворює дрібні безбарвні й нерівномірно забарвлені в бурій, світло-фіолетовий кольори кристали, часто напівпрозорі внаслідок численних укралень інших мінералів. Флюорит спостерігається у вигляді округлих, ксеноморфних, іноді табличчастих агрегатів розміром 0,3–2,0 мм, а також розвивається у вигляді ланцюжків окремих зерен у мікротріщинному просторі породотвірних мінералів, часто на границі зерен породотвірних мінералів.

Результати дослідження русько-полянських гранітів і флюоритів. Результати дослідження різних типів гранітів і флюоритів, що їх уміщують, графічно зображено на рис. 4а, б, в, г, а також у вигляді табличних даних (таблиця).

У сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітах I типу (гл. 156,1–158,0 м) спостерігається “рівноплече” розподілення РЗЕ церієвої та ітрієвої підгруп ($[La/Yb]_N=1,00$), водночас сумарний уміст РЗЕ церієвої підгрупи (ΣCe) становить 149 г/т, а ітрієвої (ΣY) – 69 г/т. Для першого типу гранітів характерний найнижчий серед трьох досліджених типів гранітів сумарний уміст лантаноїдів ($\Sigma PZЕ$) – 218 г/т і найглибша негативна Eu аномалія ($Eu/Eu^*=0,072$). РЗЕ-спектри дрібно-середньозернистих гранітів ідентичні таким фанерозойським Li-F гранітів та онгонітів [2]. Згідно з В. І. Коваленко [4] таким породам властиве “рівноплече” розподілення лантаноїдів церієвої та ітрієвої підгруп, глибока негативна Eu аномалія, а також дуже низькі значення K/Rb, La/Nb й високе K/Ba відношення.

Флюорити з гранітів I типу мають найвищий сумарний уміст лантаноїдів ($\Sigma PZЕ=26933$ г/т). Їм притаманна глибока Eu аномалія ($Eu/Eu^*=0,027$) з $[La/Yb]_N=2,84$ і переважання ΣCe (22267 г/т) над ΣY (4666 г/т).

Для II типу сіро-рожевих порфіроподібних гранітів (гл. 174,6–176,5 м) характерний диференційований розподіл РЗЕ ($[La/Yb]_N=8,55$) зі збагаченням РЗЕ церієвої підгрупи ($\Sigma Ce=575$ г/т) проти ітрієвої ($\Sigma Y=64$ г/т) і наявність також глибокого Eu мінімуму ($Eu/Eu^*=0,090$). $\Sigma PZЕ$ фіксується на рівні 639 г/т.

Флюоритам з гранітів II типу властивий слабо диференційований розподіл РЗЕ ($[La/Yb]_N=1,22$), з майже “рівноплечим” розподілом РЗЕ церієвої та ітрієвої підгруп (рис. 4б), але з переважанням ΣCe над ΣY приблизно вдвічі й з Eu аномалією $Eu/Eu^*=0,012$. Сумарний уміст лантаноїдів у таких флюоритах зменшується в декілька разів, порівнюючи з флюоритами з I типу гранітів, і становить 5160 г/т.

III тип гранітів – сірі середньо-грубозернисті граніти (гл. 225,0–227,0 м) характеризуються також глибокою Eu аномалією $Eu/Eu^*=0,134$, диференційованим

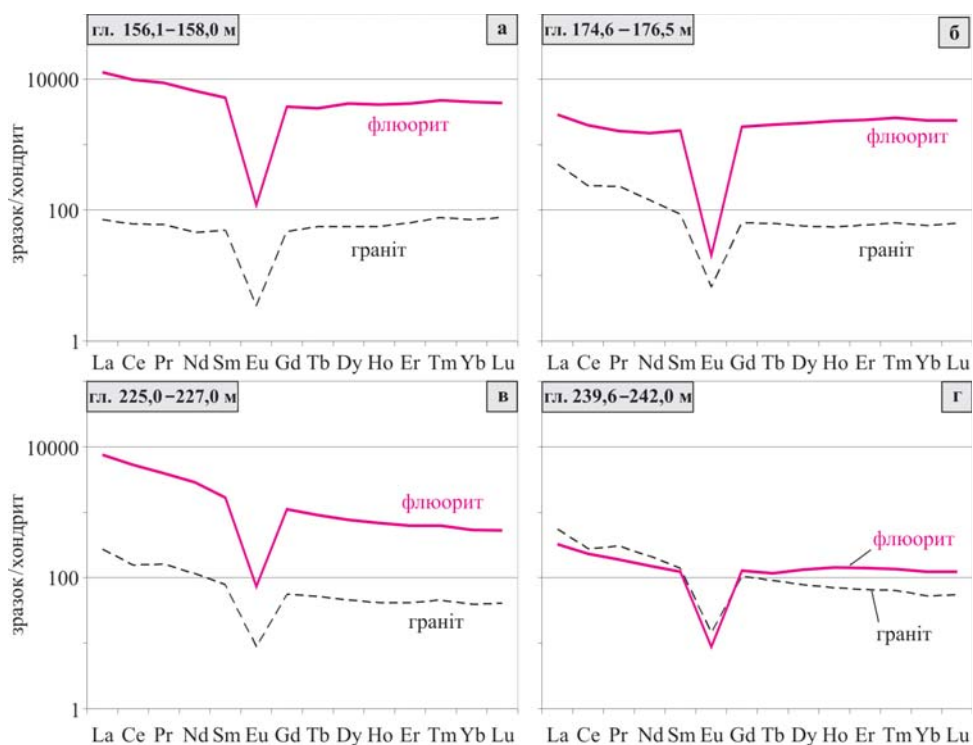


Рис. 4. Спектри розподілу РЗЕ у флюоритах (суцільна лінія червоного кольору) і русько-полянських гранітах, що їх уміщують (пунктирна лінія чорного кольору), із чотирьох інтервалів глибин свердловини № 8568

розподілом РЗЕ ($[La/Yb]_N=7,02$), $\Sigma PZE=435$ г/т, водночас ΣCe фіксується на рівні 387 г/т, а $\Sigma Y=48$ г/т.

У флюоритах із цих гранітів спостерігається переважання суми РЗЕ церієвої підгрупи ($\Sigma Ce=11\,157$ г/т) над ітрієвою ($\Sigma Y=734$ г/т) з $\Sigma PZE=11\,891$ г/т та $Eu/Eu^*=0,054$. Порівнюючи з флюоритами трьох інших глибин, флюорити із сірих середньо-грубозернистих гранітів характеризуються найвищим значенням лантан-ітербієвого нормованого відношення ($[La/Yb]_N=14,11$).

Рожево-сірим середньо-грубозернистим гранітам III типу (гл. 239,6–242,0 м) властивий високий сумарний уміст лантаноїдів ($\Sigma PZE=797$ г/т) і значення лантан-ітербієвого нормованого відношення ($[La/Yb]_N=10,43$). Граніти характеризуються переважанням суми РЗЕ церієвої підгрупи ($\Sigma Ce=724$ г/т) над ітрієвою ($\Sigma Y=73$ г/т) та глибоким Eu мінімумом ($Eu/Eu^*=0,121$).

Флюорити з рожево-сірих середньо-грубозернистих гранітів мають найнижчу серед досліджених флюоритів ΣPZE (692 г/т) з $Eu/Eu^*=0,070$. Їм властивий помірно диференційований розподіл РЗЕ церієвої та ітрієвої підгруп ($[La/Yb]_N=2,61$). Сумарна кількість РЗЕ церієвої підгрупи становить 546 г/т, а ітрієвої – 146 г/т.

Як засвідчили дослідження русько-полянських гранітів [3], уміст Y в гранітах свердловини поступово зменшується з гли-

Таблиця. Уміст рідкісноземельних елементів у русько-полянських гранітах і флюоритах із чотирьох глибин свердловини № 8568

Граніти				
Компонент	Глибина, м			
	156,1–158,0	174,6–176,5	225,0–227,0	239,6–242,0
La	26	182	100	202
Ce	58	221	148	264
Pr	8	31	22	42
Nd	32	101	81	149
Sm	11	20	18	32
Eu	0,30	0,58	0,77	1,26
Gd	14	19	17	32
Tb	3	4	3	5
Dy	21	22	17	29
Ho	5	5	4	6
Er	16	15	10	16
Tm	3	2	2	2
Yb	18	14	10	13
Lu	3	2	2	2
ΣPZE	218	639	435	797
ΣCe	149	575	387	724
ΣY	69	64	48	73
Eu/Eu^*	0,072	0,090	0,134	0,121
$(La/Yb)_N$	1,00	8,55	7,02	10,43
Флюорити				
Компонент	Глибина, м			
	156,1–158,0	174,6–176,5	225,0–227,0	239,6–242,0
La	4631	1045	2776	119
Ce	9384	1882	5059	223
Pr	1202	222	537	26
Nd	4675	1058	2054	109
Sm	1203	376	385	29
Eu	10,3	1,8	6,4	0,8
Gd	1162	575	340	39
Tb	207	116	53	7
Dy	1613	807	293	51
Ho	349	194	58	12
Er	1062	589	155	35
Tm	168	90	22	5
Yb	1102	580	133	31
Lu	165	89	20	5
ΣPZE	26933	7625	11891	692
ΣCe	22267	5160	11157	546
ΣY	4666	2465	734	146
Eu/Eu^*	0,027	0,012	0,054	0,070
$(La/Yb)_N$	2,84	1,22	14,11	2,61

биною з 395 г/т (сіро-рожеві дрібно-середньозернисті граніти верхньої частини свердловини) до 250 г/т (найглибші рожево-сірі середньо-грубозернисті граніти). Зменшення вмісту Y також фіксується і у флюоритах. Найзбагаченіші Y флюорити із сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітів I типу (гл. 156,1–158,0 м). Кількість Y в цих флюоритах становить 11 705 г/т. У флюоритах із сіро-рожевих порфіроподібних гранітів на гл. 174,6–176,5 м (II тип) це значення фіксується на рівні 8279 г/т, у флюоритах із сірих середньо-грубозернистих гранітів на гл. 225,0–227,0 м (III тип) – 2235 г/т. А найменший уміст Y , визначений у флюоритах з рожево-сірих середньо-грубозернистих гранітів на гл. 239,6–242,0 м (III тип), становить 831 г/т.

Обговорення результатів дослідження. Між умістом ΣPZE у флюоритах і гранітах, що їх уміщують, спостерігається обернена залежність. Як зауважено в попередніх дослідженнях русько-полянських гранітів [3], від сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітів I типу верхньої частини свердловини до найглибших рожево-сірих середньо-грубозернистих гранітів (III тип) спостерігається поступове зростання ΣPZE до 973 г/т. У цьому напрямку вміст ΣPZE у флюоритах зменшується. У флюоритах із сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітів верхньої частини розрізу свердловини вміст ΣPZE приблизно в 120 разів вищий за вміст ΣPZE у самих гранітах (рис. 4а). З глибиною такий розрив суттєво зменшується (рис. 4а, б, в, г), і в рожево-сірих середньо-грубозернистих гранітах найглибшої частини свердловини вміст ΣPZE вищий, ніж у флюоритах (рис. 4г).

У співвідношенні ΣCe та ΣY спостерігається відмінність між гранітами I, II та III типів порід (таблиця). Частка ΣY у дрібно-середньозернистих гранітах (I тип) вища, ніж у гранітах з інших типів. Так, у гранітах I типу $\Sigma Ce/\Sigma Y=2,2$; для інших досліджених гранітів відношення $\Sigma Ce/\Sigma Y$ становить >8 . У флюоритах із цих гранітів такої закономірності не спостережено. У флюоритах із сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітів I типу відношення $\Sigma Ce/\Sigma Y$ становить 4,8; у флюоритах із сіро-рожевих порфіроподібних гранітів II типу – 2,1; у флюоритах із сірих середньо-грубозернистих гранітів (III тип) відношення $\Sigma Ce/\Sigma Y$ набуває максимального значення – 15,2; у флюоритах із рожево-сірих середньо-грубозернистих гранітів $\Sigma Ce/\Sigma Y=3,7$.

Аналізуючи РЗЕ, варто зауважити, що зі зростанням ΣPZE у гранітах зменшується в них уміст Y , водночас у флюоритах із цих гранітів спостерігається зменшення вмісту і ΣPZE , і Y .

Серед породотвірних мінералів у біотитах з русько-полянських гранітів різних глибин свердловини спостерігається високий уміст ΣPZE [9], майже на рівні самих гранітів (рис. 5). Такий високий їхній рівень указує на наявність укралень акцесорних мінералів, збагачених РЗЕ в біотитах, насамперед флюориту.

Треба зазначити, що за сумарним умістом лантаноїдів флюорити з русько-полянських сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітів ($\Sigma PZE=26933$ г/т) можна зіставити з флюоритами з пержанського граніту ($\Sigma PZE=23390$ г/т [7]). Пержанський флюорит відрізняється від русько-полянських флюоритів (рис. 6) іншим співвідношенням церієвої та ітрієвої підгруп лантаноїдів з $\Sigma Ce/\Sigma Y=1,33$.

Загалом уміст РЗЕ у флюоритах може сягати кількох десятків відсотків. З праці В. В. Архангельської [1] довідуємося про рідкісний випадок розпаду твердого розчину флюориту, збагаченого РЗЕ (33,8–40,1 %), у якому новоутвореною фазою розпаду є фторид РЗЕ – флюоцерит (родовище Zr-Nb-Ta-REE, с-ще Катугіно на Забайкаллі, РФ). Флюоцерит виявлений також у русько-полянських гранітах [3].

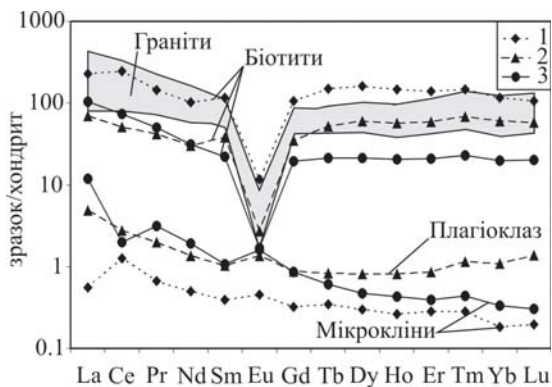


Рис. 5. Розподіл РЗЕ [9] у русько-полянських гранітах (сіре поле) свердловини № 8568 з інтервалу глибин 139,2–252,5 м і в породотвірних мінералах гранітів з трьох глибин свердловини 1 – із сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітів (гл. 145,4 м); 2 – із сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітів (гл. 161,5 м); 3 – із сірих середньо-грубозернистих гранітів (гл. 202,0 м)

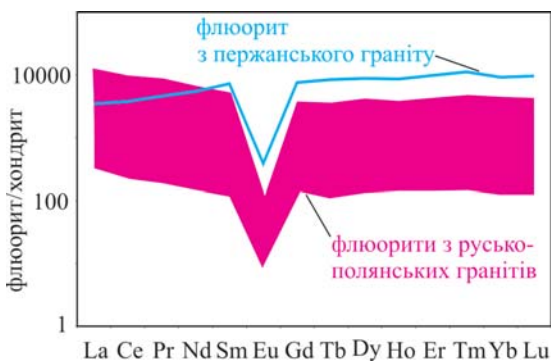


Рис. 6. Розподіл РЗЕ у флюориті з пержанського граніту [7] і в досліджених флюоритах з русько-полянських гранітів чотирьох інтервалів глибин свердловини № 8568

Висновки. Серед досліджених флюоритів і гранітів, що їх уміщують, найвищий уміст лантаноїдів (26 933 г/т) та ітрію (11 705 г/т) визначений у флюоритах із сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітів верхньої частини свердловини, водночас сіро-рожеві дрібно-середньозернисті граніти мають найнижчий сумарний уміст лантаноїдів (218 г/т) і найвищий ітрію. Найнижчий рівень лантаноїдів (692 г/т) та ітрію (831 г/т) визначено у флюоритах з рожево-сірих середньо-грубозернистих гранітів найглибшої частини свердловини. Для рожево-сірих середньо-грубозернистих гранітів характерний високий уміст лантаноїдів (797 г/т).

Варіація розподілу РЗЕ в русько-полянських гранітах визначається варіацією кількості флюориту в цих породах. Флюорит є одним з головних акцесорних мінералів-концентраторів РЗЕ. Його роль як концентратора лантаноїдів зростає у найбільш диференційованих сіро-рожевих дрібно-середньозернистих гранітах.

Автори вдячні доктору геол. наук, заступникові директора ІГМР ім. М. П. Семененка НАН України Л. М. Степанюку за суттєві зауваження та цінні поради під час підготування статті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Архангельская В. В. Уникальный минеральный вид – редкоземельный флюорит с необычайно высоким содержанием редких земель и иттрия // Структура и разнообразие минерального мира. Материалы междунар. минералог. семинара (Сыктывкар, 17–19 июня 2008 г.). – Сыктывкар: Геопринт, 2008. – С. 49–50.

2. Заяць О. В. Геохімія русько-полянських рідкіснометалевих гранітів Корсунь-Новомиргородського плутону (Інгульський мегаблок УЩ) // Мінерал. журн. – 2015. – № 3. – С. 67–77.

3. Заяць О. В. Геохімія русько-полянських рідкіснометалевих гранітоїдів Корсунь-Новомиргородського плутону // Автореф. дис. ... канд. геол. наук. – Київ, 2017. – 20 с.

4. Коваленко В. І., Ярмолук В. В., Будников С. В., Царева Г. М., Сальникова Е. Б., Ковач В. П., Котов А. Б., Яковлева С. З. Гранітоїди Югодзьрського району (Юго-Восточная Монголія) і зв'яз з ними W-Mo оруднення // Геол. рудн. месторож. – 1999. – № 5. – С. 404–424.

5. Невский В. А., Гинзбург А. И., Козлова П. С., Онтоев Д. О., Апельцин Ф. Р., Куприянова И. И., Кудрин В. С., Эпштейн Е. М. Геология постмагматических ториево-редкометалльных месторождений. – Москва: Атомиздат, 1972. – 408 с.

6. Половинкина Ю. Ир. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических горных пород. Словарь терминов. Ч. 1. – Москва: Недра, 1966. – 240 с.

7. Пономаренко О. М., Возняк Д. К., Самчук А. І., Бельський В. М. До походження флюориту Суцано-Пержанської рудної зони (Український щит) // Доп. НАН України. – 2017. – № 11. – С. 52–58.

8. Пономаренко О. М., Мікуш Т., Курило С. І., Бондаренко С. М., Заяць О. В., Грінченко О. В., Сьомка О. В., Єлень С. Нові дані про акцесорні мінерали із русько-полянських гранітів Корсунь-Новомиргородського плутону Українського щита // Мінерал. журнал. – 2019. – № 2. – С. 3–17.

9. Пономаренко О. М., Самчук А. І., Заяць О. В., Проскурка Л. І., Швайка І. Д., Швайка І. А. Визначення вмісту рідкісноземельних елементів у породотвірних мінералах русько-полянських гранітів методом мас-спектрометрії // Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції (Криворізь. нац. ун-т 29 лист. – 1 груд. 2018). – Кривий Ріг, 2018. – С. 53–56.

10. Тейлор С. Р., Мак-Леннан С. М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. – Москва: Мир, 1988. – 384 с.

REFERENCES

1. Arhangel'skaya V. V. A unique mineral species is rare earth fluorite with an unusually high content of rare earths and yttrium // Структура і різноманітність мінерального світу. Матеріали міжнародного семінару, Ськтывкар, 17–19 червня 2008 р. – Ськтывкар, 2008. – С. 49–50. (In Russian).

2. Zaiats O. V. Geochemistry of Ruska-Polyana rare-metal granites of Korsun-Novomyrhorod Pluton (Inhul Megablock, the Ukrainian Shield) // Mineraloh. zhurnal. – 2015. – Vol. 37. – № 3. – P. 67–77. (In Ukrainian).

3. Zaiats O. V. Geochemistry of Ruska-Polyana rare-metal granitoids of the Korsun-Novomyrhorod pluton // Abstract of Ph.D. dis., M. P. Semenenko IGMOF of NAS of Ukraine. – Kyiv, 2017. – 20 p. (In Ukrainian).

4. Kovalenko V. I., Jarmolyuk V. V., Budnikov S. V., Careva G. M., Salnikova E. B., Kovach V. P., Kotov A. B., Yakovleva S. Z. Granitoids of the Yugodzir region (Southeastern Mongolia) and the W-Mo mineralization associated with them // Geol. rudn. mestorozh. – 1999. – № 5. – P. 404–424. (In Russian).

5. Nevskij V. A., Ginzburg A. I., Kozlova P. S., Ontoev D. O., Apelcin F. R., Kupriyanova I. I., Kudrin V. S., Epshteyn E. M. Geology of postmagmatic thorium-rare-metal deposits. – Moskva: Atomizdat, 1972. – 408 p. (In Russian).

6. Polovinkina Ju. I. Structures and textures of igneous and metamorphic rocks. Glossary of terms. Part 1. – Moskva: Nedra, 1966. – 240 p. (In Russian).

7. Ponomarenko O. M., Vozniak D. K., Samchuk A. I., Belskyi V. M. To the origin of the fluorite of the Sushchany-Percha ore zone (the Ukrainian Shield) // Dopovidi NAN Ukrainy. – 2017. – № 11. – P. 52–58. (In Ukrainian).

8. Ponomarenko O. M., Mikush T., Kurylo S. I., Bondarenko S. M., Zaiats O. V., Hrinchenko O. V., Somka V. O., Yelen S. New data on accessory minerals of Ruska Poliana granites of Korsun-Novomyrhorod pluton of Ukrainian Shield // Mineraloh. zhurnal. – 2019. – Vol. 41. – № 2. – P. 3–17. (In Ukrainian).

9. Ponomarenko O. M., Samchuk A. I., Zaiats O. V., Proskurka L. I., Shvaika I. D., Shvaika I. A. Determination of the content of rare earth elements in rock minerals of Ruska Polyana granites by mass spectrometry // Problemy teoretichnoi i prykladnoi mineralohii, heolohii, metalohii, metalohii hirnychodobuvnykh rehioniv. Materialy XI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Kryvyi Rih National University, 29 November – 1 December 2018). – Kryvyi Rih, 2018. – P. 53–56. (In Ukrainian).

10. Taylor S. R., McLennan S. M. The continental crust: Its composition and evolution. – Moskva: Mir, 1988. – 384 p. (In Russian).

Рукопис отримано 22.10.2019.



Життя,

ПРИСВЯЧЕНЕ ГЕОЛОГІЇ

(з нагоди 70-річчя від дня народження МИКОЛИ МИХАЙЛОВИЧА КОСТЕНКА)

2 січня 2020 року виповнюється 70 років відомому в Україні геологу – ученому й практику Миколі Михайловичу Костенку – голові Науково-редакційної ради Державної служби геології та надр України, завідувачеві відділу геології рудних та нерудних корисних копалин Українського державного геологорозвідувального інституту, докторові геологічних наук.

Микола Михайлович народився на Чернігівщині в с. Дорогинці Ічнянського району. 1970 року закінчив Київський геологорозвідувальний технікум. Потім служив в армії в зенітно-ракетних військах – в Азербайджані й Чечено-Інгушетії.

Своє професійне гартування розпочав 1972 року в Житомирській геологорозвідувальній експедиції тодішнього тресту “Київгеологія” (нині “Українська геологічна компанія”), де пройшов шлях від техника-геолога до начальника геологознімальної партії. 1979 року здобув вищу освіту за спеціальністю “Геологія та розвідка родовищ корисних копалин” у Львівському державному університеті ім. І. Франка

Професійна діяльність ювіляра склалася досить успішно. Працюючи в експедиції, проводив різнопланові дослідження – пошуки золота, алмазів, кольорових і рідкісних металів, а також виконував геологічну зйомку. Здобутком цього періоду є відкриття за участі Миколи Михайловича перспективного зруденіння нових для цього району видів корисних копалин – сульфідного мідно-нікелевого з платиною мінералізацією й молібденового. Під керівництвом М. М. Костенка проведено геологічне довивчення й видано комплект Держгеолкарти-200 аркуша М-35-ХІ (Коростень), а за співавторства та під його редакцією – комплект карт аркуша М-35-ХVІІ (Житомир). За вагомий внесок у розвиток ПДРГП “Північгеологія” Миколу Михайловича відзначили почесним званням “заслужений працівник підприємства”.

Набуті під час роботи в експедиції великий практичний досвід і отримані ґрунтовні знання, високий професіоналізм і працездатність, цілеспрямованість і наполегливість у досягненні поставленої мети та здатність розв’язувати складні наукові питання дали змогу М. М. Костенкові захистити 1992 року в Інституті геологічних наук АН України під керівництвом видатного вченого-докембріста, професора В. А. Рябенка кандидатську

дисертацію на тему “Геологія та розвідка родовищ корисних копалин мідно-нікелевого з платиною мінералізацією й молібденового”. Після закінчення роботи в експедиції М. М. Костенку було надано посаду заступника начальника геологічного відділу Державної служби геології та надр України. У 1995 році він очолює геологічний відділ Державного геологорозвідувального інституту. У 1998 році М. М. Костенку було надано посаду заступника директора інституту. У 2000 році він очолює Державну службу геології та надр України. У 2003 році М. М. Костенку було надано посаду заступника голови Державної служби геології та надр України. У 2005 році М. М. Костенку було надано посаду голови Державної служби геології та надр України. У 2008 році М. М. Костенку було надано посаду заступника голови Державної служби геології та надр України. У 2010 році М. М. Костенку було надано посаду голови Державної служби геології та надр України. У 2012 році М. М. Костенку було надано посаду заступника голови Державної служби геології та надр України. У 2014 році М. М. Костенку було надано посаду голови Державної служби геології та надр України. У 2016 році М. М. Костенку було надано посаду заступника голови Державної служби геології та надр України. У 2018 році М. М. Костенку було надано посаду голови Державної служби геології та надр України.



дисертацію на тему “Геология никеленосных гипербазит-базитовых комплексов северо-западной части Украинского щита”

Новий період практичної й наукової діяльності ювіляра розпочався 2002 року у зв'язку із запрошенням на постійну роботу в Український державний геологорозвідувальний інститут (м. Київ). Спочатку Микола Михайлович працює провідним науковим співробітником Науково-редакційної ради (НРР) Державної геологічної служби України, яка є органом контролю якості геологознімальних робіт (здійснює апробацію й затверджує до видання Державні геологічні карти, оглядові та зведені карти, атласи, легенди, а також апробує звіти з регіональних геологічних досліджень – з різномасштабної геологічної зйомки, гідрогеологічних і геофізичних робіт, які проводять в Україні), а з кінця 2003 року й донині – очолює її. Окрім виконання безпосередніх обов'язків голови НРР, працює ще й завідувачем відділу геології рудних та нерудних корисних копалин УкрДГРІ.

Коло наукових інтересів ювіляра досить широке: стратиграфія, магматизм, тектоніка, геодинаміка Землі, корисні копалини. Варто зазначити передусім великий внесок Миколи Михайловича в стратиграфію докембрію Українського щита (УЩ) – наукову основу проведення регіональних геологічних досліджень, що стосується обґрунтування й виокремлення нових стратиграфічних підрозділів: серій і світ у північно-західній і центральній частинах УЩ. Потрібно зауважити, що в цьому питанні він, безумовно, є авторитетним спеціалістом. Загальне визнання також отримали тектонічні побудови територій окремих регіонів України й геотектонічне районування УЩ загалом. Неоцінений внесок ювіляр зробив у вивчення магматизму Волинського мегаблока УЩ, зокрема базитового, що

стало основою обґрунтування перспектив нікеленосності регіону. Багаторічні результати наукових досліджень Микола Михайлович узагальнив у своїй докторській дисертації “Геология, магматизм та геодинаміка докембрію західної частини Українського щита”. У творчому доробку ювіляра понад 100 наукових праць у різних виданнях і близько 20 фондкових праць.

Великої уваги М. М. Костенко надає громадській діяльності: він – заступник голови Міжвідомчого тектонічного комітету України (МТКУ), член бюро Національного стратиграфічного комітету (НСК) України і заступник голови протерозойської секції НСКУ, член Міжвідомчої науково-методичної ради (МНМР) НАН України “Геологічні проблеми ізоляції радіоактивних та інших небезпечних відходів в Україні”, член Наукової ради з прогнозування корисних копалин Держгеонадр України, член редколегій і відповідальний



за випуск журналів “Мінеральні ресурси України” і “Збірник наукових праць УкрДГРІ”.

Важливе місце в роботі ювіляра посідає геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин, зокрема цементної сировини, керамзити, будівельного каменю, кам'яного вугілля, залізних і марганцевих руд, а також експертиза геологічних матеріалів, робочих проєктів розроблення родовищ тощо.

За особистий внесок у створення мінерально-сировинної бази України Миколу Михайловича відзначено званням “Почесний розвідник надр”, нагороджено медаллю ім. В. І. Лучицького, почесними грамотами Держгеонадр України та УкрДГРІ, подякою Київського міського голови.

Ювілярові притаманні такі риси, як порядність, доброзичливість, повага до людей, готовність допомогти геологам у вирішенні різних практичних і наукових проблем, завдяки яким він має заслужений авторитет і повагу з-поміж колег-геологів України.

Щиро вітаючи Вас з ювілеєм, шановний Миколо Михайловичу, бажаємо Вам щастя, міцного здоров'я, довгих років життя та праці, творчого натхнення, нових наукових звершень і великих успіхів у всьому.

*З великою повагою – колективи
Держгеонадр України та УкрДГРІ,
геологічна спільнота, колеги й друзі*



УДК 551.71/.72 (477)

 <https://doi.org/10.31996/mru.2019.4.11-16>

М. М. КОСТЕНКО, д-р геол. наук, голова Науково-редакційної ради Держгеонадр України, член бюро НСК України і заступник голови протерозойської секції, завідувач відділу (УкрДГПІ), nrsggs@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0781-7318>

M. KOSTENKO, Dr. Geol. Science, Head of the Department of Ore and Non-Ore Mineral Resources, Ukrainian State Geological Research Institute, nrsggs@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0781-7318>

СТРАТИГРАФІЯ ТА КОРЕЛЯЦІЯ РОЗРІЗІВ ДОКЕМБРІЙСЬКОГО ФУНДАМЕНТУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

STRATIGRAPHIC BASEMENT AND CORRELATION OF THE PRECAMBRIAN CENTRAL PART CUTS OF THE UKRAINIAN SHIELD

Попри прийняте в чинній “Кореляційній хроностратиграфічній схемі раннього докембрію Українського щита” тектонічне районування, згідно з яким у центральній частині УЩ замість Інгуло-Інгулецького району виокремлюються два самостійні структурні елементи: Інгульський мегаблок та Інгулецько-Криворізька шовна зона, стратиграфічне розчленування цієї території однак не зазнало якихось змін.

У статті запропоновано наявну в цій схемі інгуло-інгулецьку серію розділити на дві: інгульську (Інгульський мегаблок) та інгулецьку (Інгулецько-Криворізька шовна зона) і декілька самостійних стратонів у ранзі світу. Інгульська серія охоплює верхню частину колишньої інгуло-інгулецької серії з кам'янокостуватською й рошчаківською (Братська СФЗ) і спасівською й чечелівською (Інгульська СФЗ) світами, а в нижній частині розрізу – ще й самостійну родіонівську світу. Стратиграфічні розрізи Західноінгулецької й Криворізько-Кременчуцької СФЗ Інгулецько-Криворізької шовної зони є тотожними й повністю корелюються між собою: нижня мезоархейська метатеригенна латівська світа є базальною для обох них, мезоархейська метавулканогенна нижньозеленорічанська світа Західноінгулецької СФЗ корелюється з новокриворізькою світою Криворізько-Кременчуцької СФЗ, палеопротерозойська інгулецька серія – відповідно з криворізькою серією (метавулканогенно-осадова верхньозеленорічанська світа – зі скелюватською світою, а метатеригенно-залізна артемівська світа – із саксаганською), карбонат-вуглецево-теригенна родіонівська світа – з гданцівською. Зазначені стратиграфічні підрозділи являють собою власні шовні утворення Інгулецько-Криворізької шовної зони.

Ключові слова: Український щит, центральна частина, кореляційна хроностратиграфічна схема, ранній докембрій, стратиграфічні підрозділи, інгульська й інгулецька серії.

In the central part of the Ukrainian Shield are allocated two independent structural elements: Inhul block and Inhulets-Kryvyi Rih suture zone, instead of the Inhul-Inhulets region, according to the current tectonic zoning in “Correlation Chronostratigraphic Scheme of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield”. The stratigraphic dividing of this territory has not undergone any changes.

The article suggests existing Inhul-Inhulets Series in this scheme to be divided into two: the Inhul (Inhul block) and the Inhulets (Inhulets-Kryvyi Rih suture zone) and several independent stratonions in the Suites rank. As part of the Inhul Series, the upper part of the Inhul-Inhulets Series remains as part of the Kamianokostuvatska and Roshchakhivska (Bratska SFZ) and Spasivska and Chchelivska (Inhul SFZ) Suites. In the lower part of the section, there is an independent Rodionivska Suite. The West Inhulets and Kryvyi Rih-Kremenchuk SFZ stratigraphic sections of the Inhulets-Kryvyi Rih suture zone are identical and completely correlate with each other: lower Mesoarchean metaterigenic Lativska Suite is basal for both, Mesoarchean metavolcanogenic Nyzhnozelenorichanska Suite of the West-Inhulets SFZ is correlated with the Novokryvorizka Suite of the Kryvyi Rih-Kremenchuk SFZ, Paleoproterozoic Inhulez Series – respectively, with the Kryvyi Rih Series (metavolcanogenic-sedimentary Verkhnozelenorichanska Suite – with the Skeliuvatska Suite, and the metaterigenic-ferrous Artemivska Suite – with the Saksaganska), carbonate-carbon-terigenic Rodionivska Suite – with Hdantsivska. These stratigraphic units represent by themselves their own suture formations of the Inhulets-Kryvyi Rih suture zone.

Keywords: Ukrainian Shield, central part, correlation chronostratigraphic scheme, Early Precambrian, stratigraphic units, Inhul and Inhulets Series.

До ухвалення чинної “Кореляційної хроностратиграфічної схеми раннього докембрію Українського щита” (КХС УЩ) [8] в Україні тривалий час застосовували геологічну схему районування докембрію УЩ (тобто виділяли геологічні райони, обмеженнями яких були границі топографічних планшетів або границі поширення певних стратиграфічних підрозділів чи тектонічні елементи), яка слугувала основою стратиграфічних побудов. Відповідно до цієї схеми в центральній частині щита виокремлювався Інгуло-Інгулецький район, західною границею якого були Ядлово-Трахтемирівський і Первомайський глибинні розломи, східною – Криворізько-Кременчуцький розлом. У тектонічному плані зазначеному району відповідав Кіровоградський мегаблок. До його складу фактично входило три структурно-формаційні зони (СФЗ): західна – Братська, центральна – Інгульська і східна – Інгулецька (Західноінгулецька).

Згідно з тодішньою стратиграфічною схемою всі метаморфічні утворення цього району об'єднувались у палеопротерозойську інгуло-інгулецьку серію, яка охоплювала різні за літологічним складом і генезисом світи. Так, верхню частину її розрізу складали такі світи: у західній частині району (знизу догори) – кам'янокостуватська й рошчаківська і в східній – спасівська й чечелівська. Нижню частину розрізу серії обох частин району надбудовували (знизу догори) зеленорічанська, артемівська й родіонівська світи. Проте останні стратони не є характерними для всього Інгуло-Інгулецького району, а фактично вони виділяються локально лише в крайній східній Західноінгулецькій СФЗ. Отже, виділені в межах цього району світи насправді належали трьом окремим структурам: Братській СФЗ (знизу догори) – кам'янокостуватська й рошчаківська, Інгульській СФЗ – спасівська й чечелівська і Західноінгулецькій СФЗ – зеленорічанська, артемівська й родіонівська світи.

Варто зазначити, що раніше різні дослідники неодноразово порушували питання щодо неоднорідності будови Інгуло-Інгулецького району. Зазвичай у ньому виділяли два структурно-формаційні комплекси (СФК): гнейсо-гранітний і амфіболіт-плагіогранітоїдний, які належали відповідно західній і центральній частинам району, з одного боку, і східній (Західноінгулецька СФЗ) – з іншого. У зв'язку із цим предметом дискусії дослідників було східне обмеження району. Деякі дослідники східною його границею вважали Західноінгулецький розлом, який розмежував Інгульську й Західноінгулецьку СФЗ. У такому разі останню структуру відокремлювали від Інгуло-Інгулецького району і розглядали в складі сусіднього зі сходу Середньопридніпровського.

Пізніше, під час ухвалення чинної КХС УЩ [8], за нашою пропозицією [4], перейшли на єдину геотектонічну основу районування УЩ, яка водночас є основою як для стратиграфічних, так і тектонічних побудов. У зв'язку із цим у центральній частині УЩ замість Інгуло-Інгулецького району було виокремлено два самостійні структурні елементи: Інгульський мегаблок і Інгулецько-Криворізьку шовну зону.

Попри таке районування стратиграфічне розчленування центральної частини УЩ однак не зазнало якихось змін. До Інгульського мегаблока автоматично зі старого районування було перенесено повністю всю інгуло-інгулецьку серію, верхню частину розрізу якої утворюють такі світи: у Братській СФЗ (знизу догори) – кам'янокостуватська й роцахівська і в Інгульській СФЗ – спасівська й чечеліївська. Нижню частину розрізу серії складають (знизу догори) зеленорічанська, артемівська і родіонівська світи, які, як уже вище зазначено, загалом для Інгульського мегаблока УЩ не характерні, а виділяються вони лише локально в Західноінгулецькій СФЗ, яка нині входить до складу самостійної Інгулецько-Криворізької шовної зони [10]. Цей же повний розріз інгуло-інгулецької серії згідно із цією схемою був поширений і на зазначену шовну зону.

Потрібно наголосити, що з відокремленням від Інгульського мегаблока Західноінгулецької СФЗ і входженням останньої до складу самостійної Інгулецько-Криворізької шовної зони закономірно мали б відбутися й відповідні зміни в стратифікації розрізів цих структур, які стосуються вилучення нижньої частини розрізу інгуло-інгулецької серії зі складу мегаблока і перенесення її до складу зазначеної шовної зони. Проте, на жаль, тоді це питання пропустили й увесь інгулецький розріз тепер фігурує, крім Інгулецько-Криворізької шовної зони, так само в Інгульському мегаблоці.

Беручи до уваги все це, раніше ми [9] запропонували розділити інгуло-інгулецьку серію на дві самостійні: *інгульську* (Інгульський мегаблок) та *інгулецьку* (Інгулецько-Криворізька шовна зона) і таким чином повернутися до схеми 1970 р. [1], коли виділяли окремо Інгульський та Інгулецький геологічні райони з відповідними назвами серій. Цю пропозицію підтримали В. В. Захаров і М. С. Курлов [6] та В. М. Клочков зі співавторами [7].

Інгульський мегаблок

Інгульський мегаблок обмежений на заході Ядлово-Трахтемирівським і Первомайським глибинними розломами, а на сході – Західноінгулецьким. У цьому мегаблоці зараз пропонується залишити лише верхню частину інгуло-інгулецької серії, але вже за назвою *інгульська серія*, у складі таких світ: у Братській СФЗ (знизу догори) – *кам'янокостуватська* й *роцахівська*, а в Інгульській СФЗ – *спасівська* й *чечеліївська*

(таблиця) [11]. У нижній частині розрізу Інгульської СФЗ варто розмістити окремо (не в складі інгульської серії) ще й *родіонівську світу*, оскільки за даними ГГК-200 [2] у невеликих обсягах верхня її частина також трапляється і в крайній східній частині Інгульського мегаблока.

Родіонівська світа в Інгульській СФЗ здебільшого представлена амфібол (піроксен)-умісними безрудними кварцитами й кварцитопісковиками з прошарками сланців і плагіогнейсів графітових, графіт-амфібол-біотитових, графіт-андалузит (силіманіт)-біотитових, у верхній частині розрізу – мармурами, кальцифірами й діопсидитами.

Кам'янокостуватська та спасівська світи, складені гіперстенівмісними метаморфічними породами, добре корелюються між собою. У будові цих світ зазвичай вирізняють два типи розрізів. Перший представлений чергуванням прошарків плагіогнейсів і кристалосланців піроксен-біотитових, піроксен-гранат-біотитових, амфібол-піроксен-біотитових, гранат-біотитових, графіт-біотитових і біотитових. До того ж роль гіперстен-гранатових плагіогнейсів різко збільшується в Братському синклінорії. Порооди метаморфізовані в гранулітовій фації. Реконструйований їхній протосклад відповідає змішаним продуктам вивітрювання основних та ультраосновних порід, які належали до толейтової й вапнисто-лужної петрохімічної серії [3]. На думку ж І. Б. Щербакова [16], за хімічним складом вони відповідають андезитам, андезибазальтам, рідше – глиноземистим базальтам.

Гіперстенівмісні породи спасівської світи дещо відрізняються від аналогічних порід кам'янокостуватської світи відсутністю кордієриту, низьким умістом гранату та низькою залізистістю гіперстену й біотиту, істотним переважанням біотиту над гіперстеном [16].

Другий тип розрізу зазначених світ характеризується чергуванням прошарків амфіболітів, плагіогнейсів і кристалосланців біотит-амфіболових, амфібол-діопсидових, кумінгтоніт-біотит-роговообманкових, графіт-біотитових, графіт-діопсидових. Гранату в цьому мінеральному парагенезисі немає. За парагенетичними мінеральними асоціаціями умови метаморфізму порід відповідають амфіболітовій фації, а реконструйований протосклад амфіболових порід відповідає базитовим ортопородам сублужного ряду.

Наявність порід гранулітової фації метаморфізму серед палеопротерозойських утворень амфіболітової фації Р. Я. Белєвцев пояснює метаморфічною зональністю, проявленою в колізійних умовах. На нашу ж думку, це результат тектонічного суміщення в одному розрізі у вигляді пакета тектонічних пластин порід палеоархейського протофундаменту і протерозойського проточохла, зумовленого підсунуванням Бузько-Росинського мегаблока під Інгульський.

Роцахівська й чечеліївська світи є стратиграфічними аналогами верхньої частини інгульської серії та складені метаосадовими породами, у розрізі яких виокремлюються дві підсвіти: нижня, складена збагаченими глиноземом гнейсами та плагіогнейсами (гранат-біотитовими, кордієрит-біотитовими, гранат-кордієрит-біотитовими) і біотитовими їхніми різновидами, перешарованими між собою, і верхня, складена переважно біотитовими плагіогнейсами з рідкими прошарками гранат-, кордієрит- і графіт-біотитових. В обох підсвітах обмежено трапляються малопотужні лінзоподібні й будиноподібні проверстки діопсидових плагіогнейсів. Плагіогнейси являють собою метаморфізовані в амфіболітовій фації грауваки, монтморилонітові й гідролістисті глини.

Інгулецько-Криворізька шовна зона

Ця шовна зона розміщена між Інгульським і Середньо-придніпровським мегаблоками. Її західною границею є Західноінгулецький, а східною – Криворізько-Кременчуцький глибинні розломи. За первинним генезисом – це типова шовна зона рифтогенного типу [9]. У її межах виділяють дві СФЗ: Західноінгулецьку, складену стратифікованими утвореннями нижньої частини колишньої інгуло-інгулецької серії (за нашими уявленнями) у складі зеленорічанської, артемівської й родіонівської світ, яку раніше, як уже зазначено вище, пропонували вичленити в ранзі самостійної інгулецької серії, і Криворізько-Кременчуцьку, розрізи якої побудовані криворізькою серією (новокриворізька, скелюватська, саксаганська та гданцівська світи).

Як засвідчили результати ГДП-200, розрізи інгулецької серії повністю ідентичні з криворізькою й добре корелюються між собою [2, 5, 6]. Проте в останні роки щодо розчленування розрізів Західноінгулецької та Криворізько-Кременчуцької СФЗ є інший підхід і в поняття обсягів інгульської й криворізької серій вкладається дещо інший зміст. Тому стратиграфічні підрозділи цих зон у новій КХС УЩ мають бути відповідно скорельовані, зокрема й за віковою належністю (таблиця).

Криворізько-Кременчуцька СФЗ

На підставі накопиченого об'ємного фактичного матеріалу дослідженнями останнього десятиліття переконливо доведено, що в будові Криворізько-Кременчуцької СФЗ беруть участь різновікові породні комплекси метавулканогенно-осадового, метатеригенно-залізного, карбонатно-вуглецево-метатеригенного й метатеригенного складу. Унаслідок 17 грудня 2018 р. Бюро НСК України розглянуло та затвердило зміни й доповнення до КХС раннього докембрію УЩ 2003 р., які ухвалила 19 листопада 2015 р. ранньодокембрійська секція НСК України, зокрема і в частині пропозицій В. В. Покалюка [13] та І. С. Паранька [12], що стосуються суттєвого вдосконалення схеми розчленування стратифікованих утворень Криворізької структури, а саме (таблиця):

– нижню частину розрізу криворізької серії – латівський горизонт і вулканогенну частину новокриворізької світи вилучили зі складу криворізької серії в ранзі самостійних світ і розмістили їх у мезоархейі;

– гданцівську світу також вилучили зі складу криворізької серії в ранзі самостійної світи і розмістили її нижче глеюватської світи;

– обсяг протерозойської криворізької серії обмежили скелюватською й саксаганською світами.

Латівська світа складена найдавнішими базальними осадовими утвореннями Криворізької структури та представлена кварцитами мусковітовими, метапісковиками й метагравелітами андезин-мусковітовими й мусковіт-ставролітовими, які залягають на корах вивітрювання плагіогранітів і мають регіональне поширення не тільки в межах Кривбасу, але так само і в Західноінгулецькій СФЗ [2]. На мезоархейський вік світи вказують новітні дані визначення віку тоналітів, що підстилюють світу, (3067,4 млн років) [14] і перекривних її магматогенних утворень новокриворізької світи (3,0–2,96 млрд років) [15]. Основними літолого-петрографічними й петрохімічними ознаками цих порід є фактично мономінеральний кварцовий склад уламків і висока хімічна зрілість відкладів, що відрізняють кварцити від метапісковиків вулканогенного розрізу новокриворізької світи.

Новокриворізька світа представлена асоціацією сланців хлорит-актинолітових і біотит-актинолітових з прошарками мигдалекам'яних метабазальтів (амфіболітів) і дрібнозернистих кварцових метапісковиків на хлоритовому цементі, гранатовмісних сланців і сланцевих метаконгломератів. В. В. Покалюк [13] у розрізі світи виділив три типи вулканогенних парагенезисів (формацій) – коматіт-толеїтовий, толеїтовий, сублужний базит-андезитовий, і два типи вулканогенно-осадових – туфітовий, вулканно-теригенно-сланцевий. Новітніми ізотопними дослідженнями на іон-іонному мікрозонді Shrimp отримано обґрунтовані дати мезоархейського віку формування метавулканітів – 3,0–2,96 млрд років [15].

Криворізька серія в нинішньому вигляді охоплює нижню – скелюватську та верхню – саксаганську світи.

Скелюватську світу за літологічним складом поділяють на три підсвіти: нижню – аркозові метапісковики та кварцити з прошарками поліміктових метаконгломератів, середню – сланці серицитові, хлорит-серицитові, зрідка двослюдяні з прошарками кварцитів, метапісковиків, інколи метагравелітів і верхню (тальковий горизонт) – талькові, тальк-карбонатні, рідше тальк-хлорит-актинолітові сланці з прошарками філітів, метапісковиків і вкрапленнями мармурів. Залягає світа на метавулканітах новокриворізької світи зі стратиграфічним перериванням і корою вивітрювання [2, 13].

Щодо природи талькових сланців, то вона є дискусійною. Одні дослідники вважають їх ефузивними породами ультра-

Таблиця. Схема кореляції стратиграфічних підрозділів центральної частини УЩ

Еоно-тема	Ера-тема	Інгульський мегаблок			Інгулецько-Криворізька шовна зона			
		Серія	Братська СФЗ	Інгульська СФЗ	Інгулецька СФЗ		Криворізько-Кременчуцька СФЗ	
			Світа			Серія	Світа	Серія
Протерозой	Палеопротерозой	Інгульська	Рощахівська Кам'янокостуватська	Чечеліївська Спасівська				Глеюватська
				Родіонівська		Родіонівська		Гданцівська
					Інгулецька	Артемівська Верхньозеленорічанська (?)	Криворізька	Саксаганська Скелюватська
Архей	Мезоархей					Нижньозеленорічанська (?) Латівська		Новокриворізька Латівська

Примітка. Під знаком питання показано світи, назви яких, можливо, уточнюватимуться.

основного складу [12], інші – зміненими карбонатними утвореннями [2]. Але більшість дослідників дотримується саме першої думки.

Стратиграфічне положення талькового горизонту на межі двох світ – скелюватської й саксаганської та літологічний склад їхніх порід тривалий час зумовлюють невизначеність його стратиграфічного статусу: ці породи зараховували то до складу нижньої (скелюватської) світи криворізької серії, то до залізородної саксаганської світи. Водночас І. С. Паранько зі співавторами [12] виділяли цей горизонт у ранзі самостійної (інгулецької) світи, обґрунтовуючи це тим, що високозрілі метаморфізовані теригенні утворення нижньої й середньої підсвіти скелюватської світи та метаморфізовані вулканогенні утворення верхньої – це різні за складом і генетичними особливостями тіла, що не дає змоги об'єднувати їх в одну світу. Однак В. В. Покалюк [13] вважає, що “самі метавулканіти, як другорядні члени всередині осадової товщі, які до того ж розміщені на різних стратиграфічних рівнях, не можуть мати самостійного стратиграфічного значення в ранзі (навіть. – *Прим. авт.*) підсвіти... Вони можуть бути лише складовою частиною теригенної товщі, яка вміщує їх”, тобто – скелюватської світи.

Саксаганська світа є основною продуктивною товщею Криворізького залізородного басейну. Складена горизонтами (точніше пачками) залізистих кварцитів і сланців, які ритмічно чергуються. У повному розрізі світи виділяються сім сланцевих і сім залізистих горизонтів, об'єднаних у три підсвіти [2].

Нижня підсвіта представлена першим і другим сланцевими (кварц-серицитові, кварц-актинолітові, біотит-хлоритові, зрідка – хлорит-карбонатні сланці) і залізистими (магнетит-мартитові джеспіліти й магнетит-хлоритові (амфіболіві) кварцити) горизонтами.

Середня підсвіта об'єднує третій і четвертий сланцеві (серицит-біотитові, хлорит-актинолітові, кварц-графіт-серицитові, рідше – гематит-хлоритові сланці) і третій залізистий (хлорит-магнетитові і магнетит-амфібол-біотитові кварцити) горизонти.

Верхня підсвіта охоплює п'ятий – сьомий сланцеві (гематит-хлоритові, серицит-хлоритові, хлорит-біотитові і біотит-амфіболіві сланці) і четвертий – сьомий залізисті (гематит-магнетитові, магнетит-гематит-карбонатіві, амфібол-магнетитові й гематитові кварцити та джеспіліти) горизонти.

Палеопротерозойський вік порід саксаганської світи підтверджують виявлені рештки мікрофітофосилій, уламки органічних плівок і трихоми водоростей [2]. Однак висловлювали також ще й думку щодо неоархейського їхнього віку [12].

Данцівська світа складена здебільшого метатеригенними породами. У розрізі світи вирізняються декілька пластів хомогенно-осадових залізистих кварцитів, що становлять самостійну формацію, окрему від саксаганської залізородної світи. Світу поділяють на дві підсвіти: нижню – суттєво кластогенну (метапісковики, кварцити залізисті й безрудні, сланці хлорит-слюдяні й графіт-слюдяні) і верхню – вуглецево-карбонат-теригенну (сланці слюдисто-графітові, графіт-актиноліт-біотитові, хлорит-слюдисті, кальцит-доломітові мармури з рідкими прошарками кварцових метапісковиків і залізистих кварцитів). На породах саксаганської світи вона залягає стратиграфічно незгідно [2].

Глеуватська світа також ототожнюється з метатеригенним породним комплексом. Нижня частина розрізу світи складена метапісковиками і сланцями гранат-біотит-актиноліт-плагіоклазовими. Вище за розрізом залягає товща поліміктових метаконгломератів, які часто ритмічно чергуються

з метапісковиками й сланцями, аналогічними таким в основі світи. У верхній частині світи поширені сланці андалузит-біотит-плагіоклаз-кварцові та гранат-біотит-плагіоклаз-кварцові з прошарками метапісковиків.

Західноінгулецька СФЗ

Раніше ми вичленили в межах цієї СФЗ в ранзі самостійної інгулецької серії нижню частину колишньої інгуло-інгулецької серії, яка охоплювала зеленорічанську, верхньозеленорічанську, артемівську й родіонівську світи [9]. Пізніше, зважаючи на кореляцію між собою розрізів Західноінгулецької й Криворізько-Кременчуцької СФЗ і відповідно до нового розчленування криворізького розрізу в стратиграфічній схемі, затвердженій НСК України, а так само з огляду на вікове положення було запропоновано аналогічний варіант розчленування метаморфічних утворень Західноінгулецької СФЗ [11]. Водночас зеленорічанську світу, яка за структурно-літологічними ознаками й генезисом чітко поділяється на дві підсвіти: переважно метавулканогенну (нижню) і метатеригенну (верхню), пропонуємо виділити в ранзі окремих світ. Отже, стратифікація Західноінгулецької СФЗ нині має такий вигляд (таблиця): у нижній частині розрізу в статусі самостійних виокремлюємо *мезоархейські латівську й нижньозеленорічанську світи*, у середній частині – *протерозойську інгулецьку серію в складі верхньозеленорічанської й артемівської світ*, у верхній частині розрізу – самостійну *палеопротерозойську родіонівську світу*.

Латівська світа представлена слюдистими кварцитами із силіманітом, які раніше входили до складу базальної частини зеленорічанської світи, і за складом, умовами формування, розміщенням в основі розрізу та віком подібна до охарактеризованої раніше в Криворізько-Кременчуцькій СФЗ.

Нижньозеленорічанська світа складена переважно амфіболітами (інколи з мигдалекам'яною структурою) і сланцями та гнейсами амфіболовими й біотит-амфіболовими, які тягнуться до верхньої частини розрізу. За складом, будовою та розміщенням у розрізі ця світа подібна до новокриворізької світи Криворізько-Кременчуцької СФЗ. Це ж підтверджується й петрохімічними перерахунками амфіболітів і спектром РЗЕ та переважними аксесоріями (магнетит-ільменітова спеціалізація), що загалом не характерно для конкської серії, з якою інколи її зіставляють [2].

Інгулецька серія охоплює верхньозеленорічанську й артемівську світи.

Верхньозеленорічанська світа є осадовою за генезисом і характеризується чергуванням силіманіт-біотитових, гранат-біотитових і двослудяних сланців і гнейсів. У підшві розрізу часто трапляються прошарки аркозових метапісковиків і кварцитопісковиків, а у верхній частині відзначаються хлорит-актинолітові, хлорит-карбонат-талькові й карбонат-графіт-серпентинові породи з лінзами скарноідів і кальцифірів. Отже, склад порід і будова розрізу є повними аналогами утворень скелюватської світи протерозойської криворізької серії.

Артемівська світа є основною продуктивною залізородною товщею Західноінгулецької СФЗ. У її складі виділяють кварцити силікатно-магнетитові й магнетитові, а також у підпорядкованій кількості кристалосланці та гнейси амфібол-біотитові й біотитові з лінзами скарноідів у верхах розрізу. Загалом виділяють до шести горизонтів (кварцитових, кварцито-сланцевих і кварцито-гнейсових), об'єднаних у дві підсвіти: залізородну нижню та малорудну верхню [2]. Ці утворення є аналогами саксаганської світи криворізької

серії, але характеризуються меншою потужністю й ритмічністю, що зумовлено умовами осадо накопичення. Цей висновок переконливо підтверджує вивчений ізотопний склад кисню з магнетитів залізистих кварцитів обох світ. Основна їхня відмінність полягає у вищому ступені метаморфізму (амфіболітова фація), а також нерідко в гранітизації залізо-кремністих утворень артемівської світи.

Родіонівська світа досить впевнено поділяється на дві підсвіти.

Нижня підсвіта представлена здебільшого амфібол(піроксен)-умісними безрудними кварцитами в асоціації із залізистими кварцитами й кварцитопісковиками з прошарками сланців і плагіогнейсів графіт-андалузит (силіманіт)-біотитових і меншою кількістю мармурів.

Верхня підсвіта представлена переважно карбонатними породами (мармурами, кальцифірами), сланцями та гнейсами слюдисто-графітовими, які є її основним маркувальним горизонтом. У меншій кількості відзначаються сланці та гнейси амфібол-біотитові й біотитові з графітом, кварцитами, метапісковиками та параамфіболіти.

Висновки

1. Наявну нині в чинній КСХ докембрію УЩ інгуло-інгулецьку серію потрібно розділити на дві серії: інгульську й інгулецьку та декілька самостійних стратонів у ранзі світ, які вповнюють окремі геоструктури – відповідно Інгульський мегаблок та Інгулецько-Криворізьку шовну зону.

2. У складі інгульської серії залишається верхня частина колишньої інгуло-інгулецької серії в складі таких світ (знизу догори): Братська СФЗ – кам'янокостуватська й роцахівська та Інгульська СФЗ – спасівська й чечеліївська. У нижній частині розрізу метаморфічних порід мегаблока залягає самостійна родіонівська світа.

3. В Інгулецько-Криворізькій шовній зоні виокремлюються дві СФЗ: Західноінгулецька й Криворізько-Кременчуцька, розрізи яких добре зіставляються між собою: нижня мезоархейська метатеригенна латівська світа є базальною для обох них, мезоархейська метавулканогенна нижньозеленорічанська світа Західноінгулецької СФЗ корелюється з новокриворізькою світою Криворізько-Кременчуцької СФЗ, *палеопротерозойська* інгулецька серія – відповідно з криворізькою серією (метавулканогенно-осадова верхньозеленорічанська світа – зі скелюватською світою, а метатеригенно-залізіста артемівська світа – із саксаганською), карбонат-вуглецево-теригенна родіонівська світа – із гданцівською.

4. Стратиграфічні підрозділи Західноінгулецької й Криворізько-Кременчуцької СФЗ є власними шовними утвореннями Інгулецько-Криворізької шовної зони.

5. Подальші стратиграфічні дослідження докембрію центральної частини УЩ потрібно спрямувати на можливість об'єднання в серії двох (а, можливо, і більше) самостійних мезоархейських світ: наприклад, латівської й новокриворізької (Криворізько-Кременчуцька СФЗ) та умовно латівської й нижньозеленорічанської (Західноінгулецька СФЗ), а також протерозойських гданцівської та глеюватської світ (Криворізько-Кременчуцька СФЗ).

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабков Ю. Б., Булаевский Д. С., Зайцев А. А. и др. Стратиграфическая схема докембрийских образований Украинского щита// Геологический журнал. – 1970. – Т. XXX. – Вып. 4. – С. 144–153.

2. Державна геологічна карта України. М-б 1:200 000. Центральнорічанська серія. Аркуші М-36-XXXIV (Жовті Води), L-36-IV (Кривий Ріг) з пояснювальною запискою/В. В. Захаров, А. В. Мар-

тинюк, Ю. М. Токар. – К.: Мін-во екології та природ. ресурсів України, Держ. геол. служба, УкрДГРІ, 2002. – 101 с.

3. Державна геологічна карта України. М-б 1:200 000. Центральнорічанська серія. Аркуш М-36-XXXI (Первомайськ) з пояснювальною запискою/В. М. Ключков, Я. П. Білинська, Ю. М. Веклич та ін. – К.: Мін-во екології та природ. ресурсів України, Держ. геол. служба, УкрДГРІ, 2004. – 174 с.

4. Дранник А. С., Костенко М. М., Єсипчук К. Ю. та ін. Геолого-структурне районування Українського щита для уточнення стратиграфічної кореляції докембрійських утворень//Мінеральні ресурси України. – 2003. – № 1. – С. 26–29.

5. Захаров В. В., Бутырин В. К., Курлов И. С. Стратиграфическая корреляция криворожской и ингуло-ингулецкой серий//Геология и стратиграфия докембрия Украинского щита: тезисы доповідей Всеукраїнської міжвідомчої наради. – Київ, 1998. – С. 61–63.

6. Захаров В. В., Курлов И. С. Главные результаты геологического доизучения (ГДП-200) северной части Криворожско-Кременчугского железорудного бассейна и его обрамления//Материали V науково-виробничої наради геологів-зіомщиків в Україні 13–18 вересня 2010 р. – К.: УкрДГРІ, 2010. – С. 88–89.

7. Ключков В. М., Ключков С. В., Шевченко А. М. Старые и новые проблемы геологии раннего докембрия Украинского щита (обзор результатов ГДП-200)//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2012. – № 2. – С. 58–71.

8. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита. Пояснювальна записка. – К.: УкрДГРІ, НСК України, 2004. – 30 с.

9. Костенко М. М., Дранник А. С., Шутенко Л. М., Гейченко М. В. Типи міжблокових шовних зон Українського щита//Сучасний стан і задачі розвитку регіональних геологічних досліджень: Материали III наук.-вироб. наради геологів-зіомщиків України (Рівне, 8–12 вересня 2005 р.). – К., 2005. – С. 147–152.

10. Костенко М. М. Геотектонічне районування Українського щита як єдина основа тектонічних, стратиграфічних та інших побудов//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2016. – № 3. – С. 144–163.

11. Костенко М. М. Пропозиції щодо вдосконалення кореляційної хроностратиграфічної схеми раннього докембрію Українського щита//Мінеральні ресурси України. – 2016. – № 1. – С. 8–15.

12. Паранько І. С., Бутырин В. К., Козар М. А. До питання про стратиграфічне розчленування метавулканогенно-осадових відкладів Криворізької структури//Мінеральні ресурси України. – 2005. – № 3. – С. 35–40.

13. Палак В. В. Вулканізм і седиментогенез ранньодокембрійських етапів Криворізько-Кременчуцької структурно-формаційної зони Українського щита: Автореф. дис. д-ра геол. наук: 04.00.01 “Загальна та регіональна геологія”. – К., 2015. – 40 с.

14. Степанюк Л. М., Бобров О. Б., Захаров В. В. та ін. Час формування гранітоїдів саксаганського комплексу//Мінеральні ресурси України. – 2010. – № 1. – С. 21–26.

15. Степанюк Л. М., Бобров О. Б., Паранько І. С. та ін. Генезис та вік циркону із амфіболіту новокриворізької світи Криворізької структури//Мінералогічний журнал. – 2011. – 33. – № 3. – С. 69–76.

16. Шербаков И. Б. Петрология Украинского щита. – Львов: ЗУКЦ, 2005. – 366 с.

REFERENCES

1. Babkov Ju. B., Bulaevskij D. S., Zajcev A. A. i dr. Stratigraphic scheme of Precambrian rocks of the Ukrainian shield//Geologicheskij zhurnal. – 1970. – Vol. XXX. – Iss. 4. – P. 144–153. (In Russian).

2. State geological map of Ukraine. Scale 1:200 000. Tsentralnoukrainska series. Sheets M-36-XXXIV (Zhovti Vody), L-36-IV (Kryvyi Rih) with explanatory note/V. V. Zakharov, A. V. Martyniuk, Yu. M. Tokar. – Kyiv: Min-vo ekolohii ta pryrod. resursiv Ukrainy, Derzh. heol. sluzhba, UkrDHRI, 2002. – 101 p. (In Ukrainian).

3. State geological map of Ukraine. Scale 1:200 000. Tsentralnoukrainska series. Sheets M-36-XXXI (Pervomaik) with explanatory note/V. M. Klochkov, Ya. P. Bilynska, Yu. M. Veklych ta in. – Kyiv: Derzh. heol. sluzhba, UkrDHRI, 2004. – 174 p. (In Ukrainian).

4. Drannyyk A. S., Kostenko M. M., Yesypchuk K. Yu. ta in. Geological and structural zoning of the Ukrainian Shield for improving of the stratigraphic correlation of Precambrian formations//Mineralni resursy Ukrainy. – 2003. – № 1. – P. 26–29. (In Ukrainian).

5. Zaharov V. V., Butyrin V. K., Kurlov I. S. Stratigraphic correlation of Krivoj Rog and Ingul-Ingulec series//Heolohiia i stratyhrafii dokem-

briiu Ukrainskoho shchyta: tezy dopovidei Vseukrainskoi mizhvidomchoi narady. – Kyiv, 1998. – P. 61–63. (In Russian).

6. Zaharov V. V., Kurlov I. S. The main results of additional geological exploration (CDP-200) in north of Krivoj Rog-Kremenchug iron ore basin and its surroundings//Materialy V naukovy-vyrobnychoi narady heolohiv-ziomshchykiv v Ukraini 13–18 veresnia 2010 r. – Kyiv: UkrDHRI, 2010. – P. 88–89. (In Russian).

7. Klochkov V. M., Klochkov S. V., Shevchenko A. M. Old and new problems of geology of Early Precambrian of the Ukrainian Shield (review results CDP-200)//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2012. – № 2. – P. 58–71. (In Russian).

8. Stratigraphic correlation diagram of Precambrian of Ukrainian Shield. Explanatory note. – Kyiv: UkrDHRI, NSK Ukraine, 2004. – 30 p. (In Ukrainian).

9. Kostenko M. M., Drannyk A. S., Shutenko L. M., Heichenko M. V. Type of suture zones of the Ukrainian Shield//Suchasnyi stan i zadachi rozvytku rehionalnykh heolohichnykh doslidzhen: Materialy III nauk.-vyrob. narady heolohiv-ziomshchykiv Ukrainy (Rivne, 8–12 veresnia 2005 r.). – Kyiv, 2005. – P. 147–152. (In Ukrainian).

10. Kostenko M. M. Geotectonic zoning of the Ukrainian shield as the basis of tectonic, stratigraphic and other constructions//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2016. – № 3. – P. 144–163. (In Ukrainian).

11. Kostenko M. M. Proposals for improving the correlation chrono-stratigraphic scheme of the early Precambrian of the Ukrainian Shield//Mineralni resursy Ukrainy. – 2016. – № 1. – P. 8–15. (In Ukrainian).

12. Paranko I. S., Butyrin V. K., Kozar M. A. On the question of stratigraphic dismemberment of the metavolcanogenic sedimentary deposits of the Kryvyi Rih structure//Mineralni resursy Ukrainy. – 2005. – № 3. – P. 35–40. (In Ukrainian).

13. Pokaliuk V. V. Volcanism and sedimentation of the early Precambrian stages of the Kryvyi Rih-Kremenchuk structural-formational zone of the Ukrainian Shield: Avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia d-ra heol. nauk: spets. 04.00.01 “Zahalna ta rehionalna heolohiia” – Kyiv, 2015. – 40 p. (In Ukrainian).

14. Stepaniuk L. M., Bobrov O. B., Zaxarov V. V. ta in. The time of formation of granitoids of the Saksahansk complex//Mineralni resursy Ukrainy. – 2010. – № 1. – P. 21–26. (In Ukrainian).

15. Stepaniuk L. M., Bobrov O. B., Paranko I. S. ta in. Genesis and age of zircon from amphibolite of New-Kryvyi Rih suite of Kryvyi Rih structure//Mineralohichni zhurnal. – 2011. – 33. – № 3. – P. 69–76. (In Ukrainian).

16. Shherbakov I. B. Petrology of the Ukrainian shield. – Lvov: ZUKC, 2005. – 366 p. (In Russian).

Рукопис отримано 13.09.2019.

2019 РОКУ У ВИДАВНИЦТВІ УкрДГРІ ВИЙШЛИ ДРУКОМ:

- 1 Матеріали VI Міжнародної конференції “Геофорум-2019”. Обсяг – 21,5 ум.-друк. арк. Тираж 100 прим.
- 2 Монографія “Літолого-палеогеографічні карти турнейських і візейських продуктивних горизонтів Дніпровсько-Донецької западини та прогноз нафтогазоносності” автори В. Т. Кривошеєв, В. В. Макогон, Є. З. Іванова. Обсяг – 32,75 ум.-друк. арк. Тираж 100 прим.

ПІДГОТОВЛЕНО ДО ВИДАННЯ
Комплект карт з пояснювальною запискою (“Геолкарта-200”) – арк. L-35VI Подільськ (Котовськ): Геологічної карти і карти корисних копалин дочетвертинних утворень. Геологічної карти і карти корисних копалин четвертинних відкладів. Геологічної карти і карти корисних копалин домезозойських утворень. Геологічної карти і карти корисних копалин кристалічного фундаменту. Стратиграфічна колонка (1 аркуш). Умовні позначення до геологічної карти і карти корисних копалин дочетвертинних утворень. Умовні позначення до геологічної карти і карти корисних копалин четвертинних відкладів. Умовні позначення до геологічної карти і карти корисних копалин домезозойських утворень. Умовні позначення до геологічної карти і карти корисних копалин кристалічного фундаменту. Гідрогеологічна карта (зведена). Гідрогеологічна колонка.

УДК 622.245.42

 <https://doi.org/10.31996/mru.2019.4.17-22>

А. М. ПОХИЛКО, аспірантка (Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"), геолог відділу гідрогеології, інженерно-технологічних та термобаричних умов ДП "Укрнаукагеоцентр", м. Полтава, alina.pokhylkobeiken@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4565-3411>

А. ПОКХИЛКО, PhD student (National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"), geologist of the department of hydrogeology, engineering-technological and thermobaric conditions of SC "Ukrnaukaheotsentr", Poltava, alina.pokhylkobeiken@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4565-3411>

ПРОБЛЕМА АНОМАЛЬНО НИЗЬКИХ ПЛАСТОВИХ ТИСКІВ НА НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩАХ УКРАЇНИ

THE PROBLEM OF ABNORMALLY LOW FORMATION PRESSURE ON THE OIL AND GAS FIELDS IN UKRAINE

Наведено інформацію про специфіку геологічних умов залягання залишкових запасів вуглеводнів на виснажених покладах і проблеми поширення зон з початковими аномально низькими пластовими тисками. Розглянуто основні передумови виникнення п'езомінімумів у різноманітних геологічних флюїдовмісних формаціях. Досліджено падіння пластового тиску на виснажених експлуатаційних об'єктах. З'ясовано, що падіння пластових тисків у більшій частині розроблюваних нафтогазоносних об'єктів дорівнює значенню аномально низьких пластових тисків. Проаналізовано дані щодо наявності в Україні площ із зниженими початковими пластовими тисками та ступінь виснаження родовищ вуглеводнів, які перебувають на пізній стадії розроблення. Побудовано графіки падіння градієнта пластових тисків за останні роки розробки на Чорнухінському, Денисівському, Солохівському, Дружелюбівському, Тимофіївському та Яблунівському родовищах. У статті розглянуто аспект застосування полегшених тампонажних розчинів під час кріплення свердловин з аномально низькими пластовими тисками, розкрито важливість контролю забруднення привибійної зони пласта та запобігання виникненню гідророзривів під час цементування.

Ключові слова: аномально низькі пластові тиски, градієнт пластового тиску, кріплення свердловин, полегшені тампонажні розчини.

The article presented information about specific of geological conditions depleted oil and gas fields, which has Remaining Oil and Gas in Place. The reasons of abnormally low pressure nascency in the deposit has been analyzed. The article presents information about influence of geodynamic processes and structural and tectonics of Earth crust to formation pressure. The information about availability of initial abnormally low formation pressure in Ukrainian Oil and Gas-Condensate fields has been written. Supposition of nascence the abnormally low formation pressure in difficult oil/water/gas saturation geological formation has been analyzed. The drop of pressure in of initial formation has been analyzed and researched. The article presented that drop of pressure gradient in main Ukrainian oil and gas fields is equal to the value of abnormally low formation pressure. The problems of considerable remaining Oil and Gas in with abnormally low pressure in Ukrainian oil and gas field deposit has been analyzed. The information about oil and gas reservoir conditions of depleted field and brown fields in Ukraine has been analyzed. The plot of the formation pressure gradient decreasing for Chornukhynske, Denysivske, Solokhivske, Druzheliubivske, Tymofiivske and Yablunivske fields has been presented. The drop of pressure to abnormally low in Chornukhynske, Denysivske, Solokhivske, Druzheliubivske, Tymofiivske and Yablunivske fields has been established. The problems of drilling and cementing in the well with abnormally low pressure has been describe. Difficult geological conditions in Ukrainian oil and gas field deposit has been analyzed. The article shows the importance to control parameters of all technological liquids, especially density of drilling and cementing liquid in a time of drilling well with abnormally low pressure. The article shows the aspect of the using of lightweight grouting solutions for mounting wells with abnormally low reservoir pressures, the importance of controlling the contamination of the bottom zone of the formation and preventing the occurrence of hydraulic fracturing during cementing.

Keywords: abnormally low formation pressure, formation pressure gradient, cementing, lightweight cementing material.

Вступ. Геологічна будова покладів нафти й газу в Україні характеризується специфічним стратиграфічним, формаційним і фазово-хімічним діапазоном нафтогазоносності з найрізноманітнішими глибинними умовами, що зумовлює особливість розподілу, складу та умов експлуатації покладів вуглеводнів. У складних гірничо-геологічних умовах наявні зони з аномально низькими пластовими тисками (АНПТ). Зони з АНПТ також можуть утворюватися штучно в процесі добування нафти, газу й води, якщо немає компенсації пластової енергії. На сьогодні більшість родовищ на території України перебувають на завершальній стадії розроблення, а тому потрібно максимально збільшити власний видобуток вуглеводнів з родовищ з АНПТ. Найскладнішим є будівництво якісної свердловини зі збереженням найліпших фільтраційних характеристик продуктивної зони пласта на експлуатаційних об'єктах, що перебувають на пізній стадії розроблення та зі зниженими початковими пластовими тисками [15]. Передумовою виконання цих умов є застосування полегшених тампонажних розчинів під час будівництва нових свердловин.

Огляд попередніх досліджень і публікацій. Аномальність пластових тисків зумовлена переважно геологічною будовою родовищ і різницею густини нафти, газу, води та порід, що їх уміщують. Істотний вплив на зміну пластового тиску в надрах Землі має форма залягання порід та їхній фізичний стан (ущільненість) [6]. У нафтових родовищах аномально низький тиск може бути, якщо екранувальна покривка залягає неглибоко, поверх нафтоносності є високим та немає активного напору пластових вод. У такому разі, коли під покривкою наднормальний тиск нафти дорівнює геостатичному, то зі збільшенням глибини він зростає на величину стовпа нафти, густина якої менша за густину води в пластових умовах. Тож зі збільшенням глибини від екранувальної покривки за наявності потужного горизонту нафтоносності спостерігаються пластові тиски, менші за гідростатичні [13].

Автори [4] виділяють чотири основні причини утворення зон з аномально низькими пластовими тисками:

1. Перевищення гіпсометричної точки буріння свердловини над гіпсометричним положенням умовної п'езометричної поверхні.
2. Падіння пластового тиску в природному резервуарі внаслідок міграції флюїду по тріщинах і більших розривах

до денної поверхні з наступною дегазацією та безпосереднім виходом рідини.

3. Опускання колекторів у герметичних умовах на нижчий гіпсометричний рівень, що призводить до пластових тисків, менших за гідростатичний.

4. Формування в осадовій товщі земної кори внаслідок стресових тектонічних рухів порожнин тектонічних розривів, що в певних геологічних умовах зумовлює формування вакуумного простору, куди можлива міграція флюїдів з природних резервуарів.

Дослідники [20] вважають, що передумовою виникнення зон з аномально низькими тисками є тектонічна ерозія верхніх нашарувань породи. Тобто коли верхні шари породи розмиваються, а вертикальні напруги зменшуються, матриця породи відновлюється як еластичне тіло, через що об'єм пор у породі зростає, а тиск флюїду в породі зменшується. Пласти з АНПТ розміщуються в товщах осадових відкладів між непроникними породами з нормальними або аномально високими та аномально високими внутрішньопоровими тисками. Їх також називають п'єзомінімумами [18].

Утворення зон з АНПТ у природних резервуарах пов'язано з великою кількістю чинників у земній корі, зокрема зворотною пружною деформацією скелетів за ерозії перекирваних їй товщ, а відтак залученням ділянки знову в занурення і відкладенням осадових товщ меншої товщини; зі зниженням температур у колекторах, а також різницею температурних коефіцієнтів розширення порових вод і скелета порід [6].

Відповідно до геодинамічної концепції формування земної кори, під час дії тектонічних зусиль у земній корі і змінюється пластів колекторів у складки відбувається їхня механічна деформація, що виявляється в периферійних частинах структур у зменшенні порових просторів у пластів та формуванні тріщин сплюскування і утворенні нових тріщин, розкриття яких збільшується в напрямку до склепіння складки. Отже, у верхній частині складки (її склепінні) можуть утворюватися чималі за розміром розкриті тектонічні порушення [16]. На початку такого процесу в колекторі, що заповнений флюїдами та залягає під непроникними породами-покришками аномально високого пластового тиску (АВПТ), утворення внаслідок внутрішньорезервуарної міграції флюїдів (найчастіше в склепіннях структур) у напрямі замкових частин антикліналей, з подальшою деформацією пластів через тріщини й великі тектонічні порушення флюїди під тиском мігрують у породи, які їх уміщують [19]. У склепінних ділянках складок над пластами АВПТ утворюються локалізовані місця вторгнення з аномально високим поровим тиском (АВПоТ). Цей процес упродовж геологічного часу приводить спочатку до нівеляції тиску в колекторах, а потім, за доброї провідності зон тектонічних порушень і особливо за малих товщин порід-покришок, – до формування АНПТ [16]. Тобто якщо покришки не мають властивостей утримувати високий тиск флюїдів у колекторі, то утворюється прорив флюїдів з природного резервуара, і в ньому пластовий тиск зменшується навіть до АНПТ [7].

У природних резервуарах АНПТ спостерігаються в зонах диз'юнктивів, які сягають денної поверхні, четвертинних відкладів або зон регіональних дислокацій, де відбувається виділення газу з нафтогазодояних покладів з наступним розвантаженням енергії внаслідок прориву з них флюїдів або ж у разі недостатньої потужності покришок для стримування пластової енергії [6]. Дослідженнями [Ovnatanov, 1979; van Golf-Racht, 1982; Ivanishin et al., 2012; Lucia, 2007; Reiss, 1980; Vakhromeev et al., 2013, 2014, 2015] визначено, що гідродина-

мічні умови флюїдної системи в кавернозно-тріщинуватих карбонатних колекторах з АНПТ істотно відрізняються від звичайних гранулярних колекторів і колекторів з невеликою тріщинуватістю. Найбільшою проблемою під час їхнього первинного розкриття є катастрофічні поглинання, спричинені АНПТ пластових вуглеводневих систем і специфічними властивостями тріщинуватого колектора [11].

Мета та завдання статті. Визначити масштаби поширення пластів зі зниженими початковими тисками на виснажених родовищах у процесі експлуатації. Обґрунтувати доцільність застосування полегшених і легких тампонажних розчинів для кріплення свердловин в умовах АНПТ.

Викладення основного змісту проведеного дослідження. Структурно-тектонічна будова геологічного розрізу ДДЗ формувалася під впливом геодинамічного режиму багатократної активації дрібноблокової тектоніки, галаккінезу й активних процесів тепломасопереносу в різні геологічні епохи. Це й визначило трансгресивно-регресивні цикли формування осадового басейну: зміну умов осадонакопичення, зон вивітрювання гірських порід, особливості міграції осадового матеріалу, місць його акумуляції, чергування колекторів і покришок у розрізі, особливості формування та геологічного розвитку резервуарів і продуктивних горизонтів у широкому літолого-стратиграфічному діапазоні осадового чохла й фундаменту ДДЗ. Осадовий чохол розрізу девону, карбону, пермі, тріасу, юри складається з таких типів колекторів: порових, порово-кавернозно-тріщинних і тріщинних [4, 12].

Найпоширенішими проблемами, які заважають якісному будівництву свердловини, є нестабільність значень пластових тисків у межах відкладів різних ярусів. Поширені пласти з АВПТ, що перешаровуються з пластами з АНПТ [1]. У таблиці наведено дані про поширення зон зі зниженими початковими пластовими тисками в нафтогазоносних районах України [6].

Окрім ДДЗ, АНПТ наявні і в інших нафтогазоносних регіонах України: зовнішня зона Передкарпатського прогину, природні резервуари Скіфської плити. Автори [5–7] наводять результати замірювань початкових пластових тисків і величини коефіцієнтів аномальності K_a для природних резервуарів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Їхня геологічна структура представлена неогено-палеогеновими і крейдяними відкладами з наявними зниженими та аномально низькими початковими пластовими тисками й коефіцієнтами аномальності від 0,81 до 0,95. Зазначені баричні умови характерні для таких родовищ: Коханівське (юра, $K_a=0,87$), Садковицьке (нижній сармат $K_a=0,87$), Рудківське (нижній сармат $K_a=0,95$), Більче-Волицьке (верхня крейда $K_a=0,95$), Угерське (верхня крейда $K_a=0,92$), Гринівське (верхній тортон $K_a=0,87$), Косівське (нижній сармат $K_a=0,86$), Більче-Волицьке (верхня крейда), Угерське (верхня крейда), Гринівське (верхній тортон), Кавське (нижній сармат), Летнянське (нижній сармат $K_a=0,91$), Ковальовсько-Черешенське (верхній тортон $K_a=0,91$), Краснопутнянський поклад (тортон $K_a=0,81$). У Внутрішній зоні Передкарпатського прогину (геосинклінальний схил) АНПТ спостерігають у Спаському родовищі нафти (олігоцен) і деяких дуже роздроблених тектонічними порушеннями блоках Битківського родовища нафти. Для газових родовищ Закарпатського прогину також характерними є знижені початкові пластові тиски. Їх зафіксували на таких родовищах: Русько-Комарівське (сармат $H=1197$, $K_a=0,90$; $H=1370$, $K_a=0,86$; $H=1479$, $K_a=0,82$), Солотвинське (нижній неоген $H=1205$, $K_a=0,90$; $H=1410$, $K_a=0,95$), Мартівська площа ($H=600$, $K_a=0,90$; $H=700$, $K_a=0,87$; $H=900$, $K_a=0,98$). На території Львівської, Іва-

Таблиця. Родовища зі зниженими пластовими тисками

Родовище	Різновид горизонту	Індекс горизонту	Початковий пластовий тиск Р, МПа	Глибина Н, м	K_a початкового пластового тиску, $P_{пл}/P_{гидр.ст.}$
Волино-Подільська плита і зовнішня зона Передкарпатського прогину					
Летнянське	Нижній неоген, сарматський ярус	N_1s	10,00	1092	0,90
Летнянське	Нижній неоген, сарматський ярус	N_1s	11,97	1238	0,9
Летнянське	Верхня юра	J_2	10,01	1654	0,64
Садковицьке	Нижній неоген, сарматський ярус	N_1s	11,60	1345	0,87
Рудківське	Нижній неоген, сарматський ярус	N_1s	7,26	740	0,98
Меденицьке	Неоген – верхня крейда	$N-K_2$	13,25	1350	0,98
Меденицьке	Крейда	K	13,03	1320	0,98
Гринівське	Нижній неоген	N_1	7,0	850	0,82
Бородчанське	Нижній неоген	N_1	10,35	1190	0,87
Косівське	Нижній неоген, сарматський ярус	N_1s	6,0	760	0,80
Красноільське	Нижній неоген	N_1b	9,41	1221	0,77
Яблунівське	Нижній неоген	N_1b	11,60	1280	0,90
Закарпатський прогин					
Русько-Комарівське	Нижній сармат	N_1s_1	11,9	1259	0,95
Русько-Комарівське	Нижній неоген	N_1b	12,7	1663	0,76
Дніпровсько-Донецька западина					
Лесяківське	Нижній карбон	C_1	31,26	3222	0,97
Глинсько-Розбишівське	Нижній карбон	$C_{1,t-1}$	36,4	4678	0,78
Роменське	Верхній девон	D_3	2,50	454	0,60
Радченківське	Триас	$Ti-4$	10,80	1180	0,92
Східногубівське	Середній карбон	C_2b	9,4	984	0,96
Новогригорівське	Середній карбон	C_2b	15,17	1530	0,99
Східноновоселківське	Нижній карбон	C_1v	16,2	2854	0,60
Левенцівське	Середній карбон	C_2b	13,48	1394	0,96
Сніваківське	Перм	Pnk	5,69	635	0,92
Вергунське	Середній карбон	C_2m	11,17	1165	0,96
Вергунське	Середній карбон	C_2b	20,7	2082	0,99
Слов'яносербське	Середній карбон	C_2b	20,7	2082	0,99
Південноукраїнський регіон					
Одеське	Палеоцен	P_1Np	15,0	1870	0,80
Серебрянське	Верхня крейда	K_2	15,8	1788	0,88

но-Франківської і частково Чернівецької областей за даними праці [4] є природні резервуари з АНПТ.

Верхньомасловецьке нафтове родовище в районі Карпат характеризується складною тектонічною будовою, АНПТ і наявністю в геологічному розрізі нестійких порід, схильних до обсищення, обваллення і формування поглинальних горизонтів [9].

На території Скіфської плити поклади нафти й газу, що характеризуються розвитком АНПТ, виявлені в Криму на Тарханкутському півострові: Оленівське (палеоцен, $K_a=0,77$) (коефіцієнт аномальності пластового тиску для родовища становить $K_a=0,77$), Чорноморське (палеоцен, $K_a=0,50$), Міжводненське (олігоцен, $K_a=0,84$), Кіровське (палеоцен, $K_a=0,94$), Задорнівське ($H=613$, $K_a=0,96$), Краснополянське ($H=1096$, $K_a=0,99$), Глібівське ($H=1090$ м, $K_a=0,99$) родовища, а також на Керченському півострові – Мисове ($H=500$ м, $K_a=0,75$), Борзівське ($K_a=0,76$) і Малобабчинське родовища (неоген, $K_a=0,75$) [5, 6].

Продуктивні горизонти родовищ західного шельфу Чорного моря представлені слабозцементованими тріщинуватими колекторами, схильними до осипання та обвалювання. Поглинання бурового та тампонажного розчину є в кожній другій свердловині. Градієнт тиску поглинання для цих свердловин був у межах 0,012–0,018 МПа/м [3].

Крім геологічних зон з початковими АНПТ, проблемною з погляду поглинань є чимала кількість родовищ України, які перебувають на завершальній стадії розроблення. Для них також характерні пластові тиски нижчі від гідростатичних. До того ж дорозроблення таких експлуатаційних об'єктів може бути ефективним за умови збільшення зони дренавання, що досягається завершенням свердловини горизонтальними й похило-спрямованими ділянками [2]. А горизонтальні свердловини характеризуються зниженням значення градієнта гідророзриву породи зі збільшенням зенітного кута. Тому пара-

метри тампонажних і бурових розчинів мають максимально відповідати таким умовам для збереження фільтраційних характеристик колектора та надійної експлуатації об'єкта [14].

За даними Державного балансу запасів корисних копалин України [Нафтогазовий форум, вересень 2018 року, ПолтНТУ] приблизно 6791,81 млн т умовного палива нині є в надрах України. Утім більшість розроблених родовищ характеризуються зниженим градієнтом пластового тиску. Нижче наведено графіки падіння градієнта пластового тиску на родовищах, які перебувають на пізній стадії розроблення, але містять достатні залишкові запаси для подальшої експлуатації та відповідно будівництва нових свердловин.

Проаналізувавши дані розробки деяких родовищ, можна зробити висновок про істотне падіння пластових тисків. Нижче наведено графік динаміки зміни поточних пластових тисків і відповідних коефіцієнтів аномальності на Чорнухинському газоконденсатному родовищі (рис. 1).

Як видно з графіка, уже у 2008 році градієнт пластового тиску продуктивного горизонту В-20В Чорнухинського ГКР був нижчим за 1,0. Надалі спостерігається це відношення нижче ніж 0,6 з деякою стабілізацією в межах 0,5–0,6 упродовж 2009 року. Аналогічна тенденція спостерігається на інших родовищах Східного нафтогазоносного регіону: Денисівському (рис. 2), Яблунівському (рис. 3), Солохівському (рис. 4, 5), Тимофіївському (рис. 6), Дружелюбівському (рис. 7). На родовищах з декількома експлуатаційними об'єктами бувають ще більші падіння пластового тиску. Так, градієнт пластового тиску всіх продуктивних горизонтів Солохівського ГКР уже у 2015 році був нижчим за 0,6, а в горизонтах В-15а та В-20 (В-17 а, б), В-21 (В-18) – узагалі нижчим за 0,2. Виснаження пластової енергії на експлуатаційних об'єктах Тимофіївського НГКР на 2015 рік сягнуло рівня $P_{пл}/P_{гидр.ст.}=0,11 \div 0,65$.

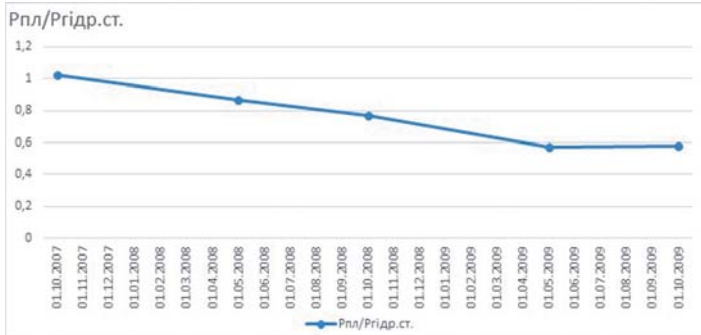


Рис. 1. Динаміка зміни коефіцієнта аномальності пластового тиску на Чорнухинському газоконденсатному родовищі

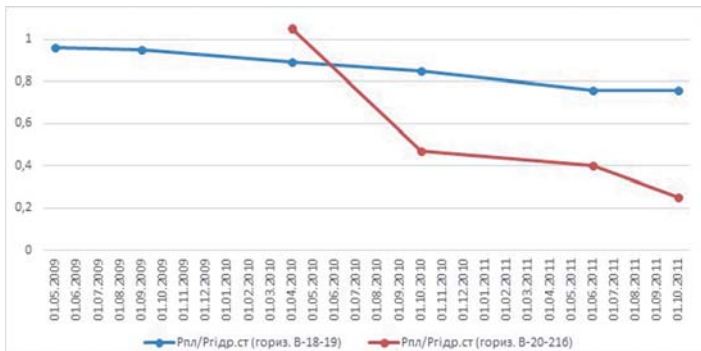


Рис. 2. Динаміка зміни коефіцієнта аномальності пластового тиску на Денисівському газоконденсатному родовищі

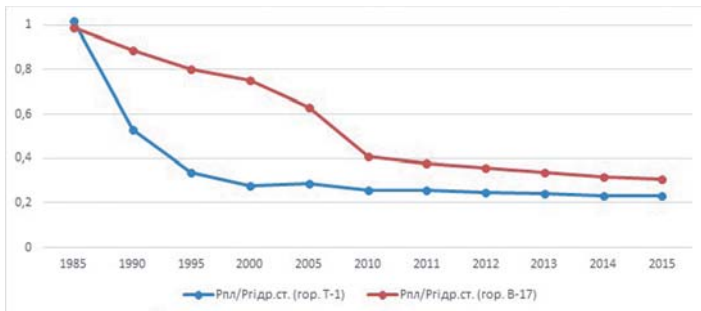


Рис. 3. Динаміка зміни коефіцієнта аномальності пластового тиску на Яблунівському газоконденсатному родовищі

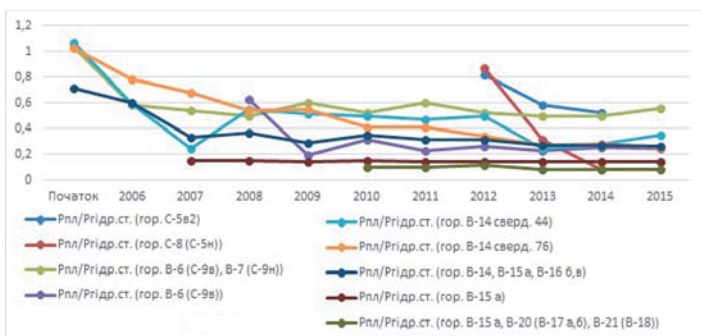


Рис. 4. Динаміка зміни коефіцієнта аномальності пластового тиску у відкладах нижнього карбону Солохівського газоконденсатного родовища

На Дружелюбівському НГКР спостерігається дещо ліпша ситуація, градієнт пластового тиску – у межах 0,57÷0,89.

Згідно з графіками, на всіх указаних родовищах спостерігають стрімке падіння пластових тисків і виснаження пластової енергії. Оскільки залишкових запасів цих родовищ досить для їхньої подальшої розробки, потрібно максимально відповідально ставитися до будівництва нових свердловин на цих об'єктах. Особливо це стосується вибору рецептури

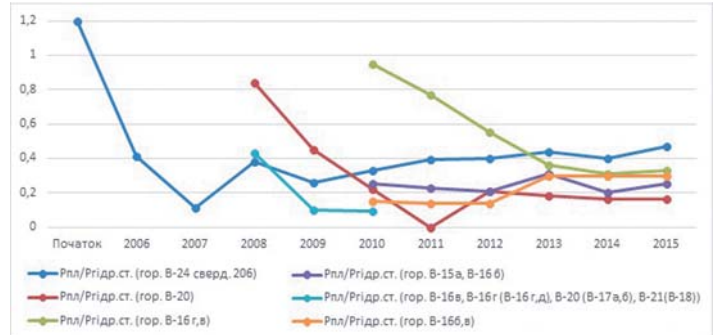


Рис. 5. Динаміка зміни коефіцієнта аномальності пластового тиску у відкладах візейського ярусу Солохівського газоконденсатного родовища

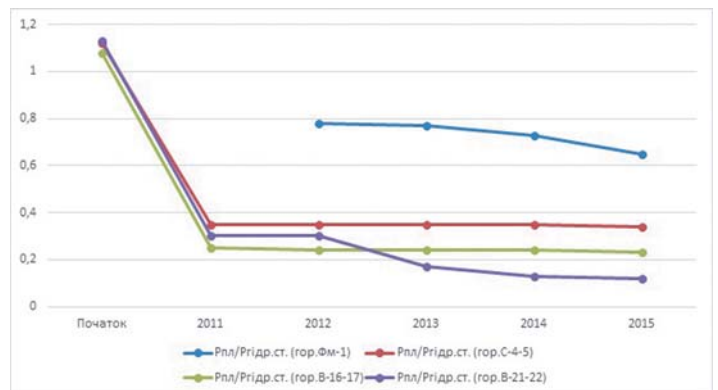


Рис. 6. Динаміка зміни коефіцієнта аномальності пластового тиску на Тимофіївському нафтогазоконденсатному родовищі

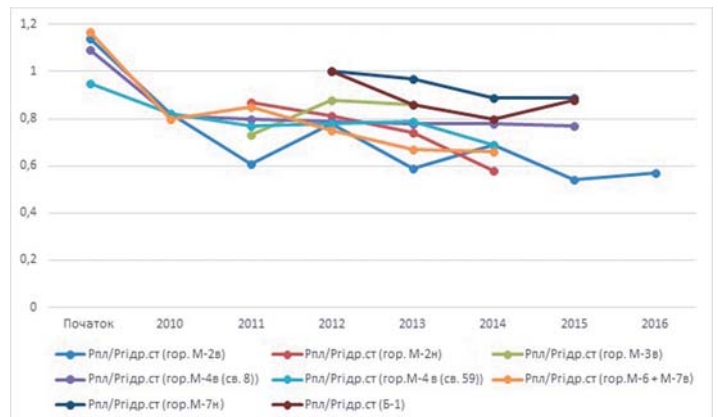


Рис. 7. Динаміка зміни коефіцієнта аномальності пластового тиску на Дружелюбівському нафтогазоконденсатному родовищі

тампонажних розчинів для їхнього кріплення. Їхня густина має бути максимально зниженою, а склад стабілізований для запобігання поглинанню і забрудненню фільтраційної зони.

З графіків випливає, що падіння градієнта пластового тиску на Денисівському ГКР (Звіт про науково-дослідну роботу. Проект промислової розробки Денисівського газоконденсатного родовища. Чернігів: ТОВ «ДБЦ НАФТОГАЗ»; 2011. С. 425) (рис. 2) для горизонту В-18-19 значення $P_{пл}/P_{гдр.ст}$ на початковій стадії експлуатації становило менше за 1, тобто пластовий тиск був аномально низьким, а з подальшим виснаженням пластової енергії у 2011 році цей показник становив 0,77. Водночас інший горизонт В-20-216, експлуатація якого розпочато у 2010 році з початковим градієнтом пластового тиску 1,1, характеризувався досить стрімким падінням цього показника до значення 0,42 лише за шість місяців експлуатації (з 01.04.10 по 01.10.10). Тобто за цей період пластовий тиск

зменшився від початкового на 38 %. Надалі падіння тиску відбувається не так стрімко, але градієнт пластового тиску станом на 1.10.2012 уже становив 0,23, тобто пластовий тиск був учетверо нижчий за гідростатичний.

Для горизонтів Т-1 і В-17 Яблунівського НГКР (рис. 3) значення градієнта пластового тиску на початок розроблення становило приблизно 1. Упродовж 1985–2010 років стрімкіше падіння тиску спостерігалось для горизонту Т-1 (Звіт про науково-дослідну роботу. Уточнений проект промислової розробки газоконденсатних покладів Яблунівського родовища. Харків: УКРНДІГАЗ, 2016. 890 с.). За перші п'ять років його розроблення градієнт зменшився від 1 до 0,53, тобто зменшився на 47 %, тоді як для горизонту В-17 падіння градієнта становило 10 % (від 0,98 до 0,88). З 2010 по 2015 рр. тенденція падіння градієнта пластового тиску для обох горизонтів майже зрівнялася, і у 2015 становила 0,22 для горизонту Т-1 і 0,29 для горизонту В-17.

На графіках, зображених на рис. 4, наведено характеристики падіння градієнта пластового тиску для дев'яти продуктивних горизонтів Солохівського ГКР (Звіт про науково-дослідну роботу. Уточнений проект розробки Солохівського НГКР. Харків: УКРНДІГАЗ, 2016. 950 с.). Лише два з них починали експлуатувати з пластовим тиском, вищим від гідростатичного (горизонти В-14 сверд. 76 та В-6 (С-9в) сверд. 44). На всіх інших горизонтах уже на початковій стадії були АНПТ. Як видно з графіків, для кожного горизонту спостерігається тенденція неабиякого падіння тиску. Максимальне значення градієнта тиску у 2015 році становить 0,58 (гор. В-6 (С-9в), В-7 (С-9н)), що майже удвічі менше за гідростатичний. Для інших горизонтів градієнт пластового тиску у 2015 був узагалі в межах 0,07–0,37.

На рис. 5 представлені графіки зміни градієнта пластового тиску ще для шести продуктивних горизонтів Солохівського ГКР. Лише горизонт В-24 на початку розроблення характеризувався пластовим тиском, більшим за гідростатичний (градієнт тиску 1,2), але внаслідок роботи свердловини до 2015 році він зменшився на 50 % (градієнт пластового тиску – 0,5). Горизонти В-20 та В-16в, г на початок розробки мали початкові значення градієнта пластового тиску 0,82 та 0,98. На 2015 р. вони становили 0,08 і 0,37. Для інших горизонтів уже на початковій стадії розроблення градієнт пластового тиску не перевищував значення 0,5, а до 2015 року зменшився до 0,20–0,38.

На Тимофіївському НГКР (Звіт про науково-дослідну роботу. Проект розробки Тимофіївського НГКР. Харків: УКРНДІГАЗ, 2017. С. 640) від початку розроблення і до 2011 року відбулося падіння градієнта пластового тиску для трьох горизонтів В-16-17, В-21-22, С-4-5 (рис. 6) від значень 1,4–1,7 до 0,25–0,35, що становить приблизно 60 % від початкового значення. Надалі для горизонтів В-16-17, С-4-5 падіння градієнта пластового тиску не характерне, його значення було відносно стабільним, а в горизонті В-21-22 падіння пластового тиску до 2015 р. продовжувалося до значення 0,12. Горизонт ФМ-1 уже на початку експлуатації характеризувався АНПТ з градієнтом 0,78, 2015 року цей показник зменшився до 0,64.

На Дружелюбівському НГКР на початок розроблення в п'яти з восьми продуктивних горизонтів початковий пластовий тиск був більшим за гідростатичний, про що свідчать відповідні градієнти, більші за 1. Як видно з графіків (рис. 7), градієнт пластового тиску для кожного з горизонтів періодично змінювався – спочатку стрімко падав, а потім навіть дещо зростав, циклічно цей процес повторювався. Але попри періодичне відновлення пластової енергії, значення градієнта пластового тиску не перевищувало 1, а для горизонтів М-7н та М-2в узагалі на 2014 рік було менше ніж 0,6 (Звіт про науко-

во-дослідну роботу. Проект промислової розробки Дружелюбівського НГКР. Харків: УКРНДІГАЗ, 2017. С. 650).

Як бачимо, на кожному із цих родовищ спостерігаються АНПТ з падінням градієнта пластового тиску навіть нижче від показника 0,5, крім цього, ця тенденція й далі триватиме внаслідок максимального виснаження експлуатаційних об'єктів.

Будівництво нових експлуатаційних свердловин на цих площах потребує особливого підходу до вибору бурових, технологічних і тампонажних розчинів [3]. Особливо це стосується густини цементної суспензії. Для кріплення свердловин на цих площах потрібно застосовувати тампонажні розчини зі зменшеною густиною для запобігання поглинанню його в пласт і кольматації призабійної зони пласта. Родовища з мінімальними (0,6–0,8) значеннями градієнтів пластового тиску потребують використання легких тампонажних розчинів ($\rho < 1400 \text{ kg/m}^3$) [8].

Істотне перевищення тиску стовпа тампонажного розчину над пластовим тиском може призвести до гідророзриву пласта, кольматації привибійної зони, значного проникнення частинок цементу в пласт [14], що унеможливує приплив до свердловини в майбутньому. Так, за даними праці [10] поглинання тампонажного розчину відбулося у 2003 році на свердловині 101-Біс-Машівська завглибшки 1635 м.

Одним з прикладів наслідків перевищення густини тампонажного розчину є цементування експлуатаційних колон свердловин 1, 2, 5, 7, 30 і 20 Верхньомасловецького родовища в умовах низьких пластових тисків, де спостережено поглинання фільтрату тампонажних рідин, а відсутність ефективних буферних рідин стала причиною збільшення зони змішування технологічних рідин у свердловині. Утворений за таких умов цементний камінь виявився неякісним і нездатним забезпечувати потрібну герметичність за колонного простору, що засвідчили результати акустичної цементометрії (АКЦ) [9].

Висновки

В усіх нафтогазоносних районах України наявні зони з АНПТ. Також, проаналізувавши падіння градієнта пластового тиску на Чорнухинському, Дружелюбівському, Тимофіївському, Денисівському та Солохівському родовищах, констатуємо, що кожному з експлуатаційних об'єктів притаманне його падіння нижче ніж 1, а в деяких продуктивних горизонтах навіть нижче значення 0,5. Розроблення цих родовищ у сучасних умовах потребує будівництва нових експлуатаційних свердловин із запобіганням забрудненню привибійної зони пласта під час кріплення і забезпеченням надійної ізоляції за колонного простору. Досягнути цього можна, застосовуючи полегшені й легкі тампонажні розчини, які унеможливають велику депресію на пласт і небезпеку непередбачених поглинань тампонажної суспензії та гідророзривів пласта.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бандур Р. В. Аналіз причин неякісного розмежування пластів в умовах Дніпровсько-Донецької западини/Р. В. Бандур, О. В. Лужаниця, С. Г. Михайленко, Я. С. Коцкулич//Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ, 2003. – С. 127–130.
2. Вішнікієв Є. Нові системи промивальної рідини для первинного розкриття продуктивних горизонтів при бурінні горизонтальних свердловин для видобутку нафти і газу/Є. Вішнікієв, В. Світлицький, О. Іванків//Вісник Нац. техн. ун-ту “ХПІ”: збірник наук. доп. Темат. вип.: Хімія, хімічна технологія і екологія. – Харків: НТУ “ХПІ”; 2007. – № 9. – С. 41–46.
3. Іванків О. О. Новітні методи розкриття пластів з аномально низькими пластовими тисками (АНПТ)/О. О. Іванків, В. М. Світлицький, М. М. Яворський, А. А. Писаренко//Науковий вісник ІФНТУНГ. Розробка та експлуатація нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ, 2007. – № 2 (16). – С. 48–54.
4. Лукин А. Е. Углеводородный потенциал больших глубин и перспективы его освоения в Украине/А. Е. Лукин//Вісник Націо-

нальної академії наук України. – Київ, 2014. – № 5. – С. 31–36. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2014_5_8.

5. Орлов О. О. Тектоніко-геофлюїдинамічна концепція формування термобаричних умов в осадовій оболонці земної кори (частина друга) [Електронний ресурс]/О. О. Орлов, М. І. Євдошук, В. Г. Омельченко, О. М. Трубенко//Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ, 2007. – № 4 (25). – Режим доступу до ресурсу: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/4704/1/2579p.pdf>.

6. Орлов О. О. Концепція геодинамічного походження аномальних пластових тисків в осадовій оболонці земної кори (частина друга) [Електронний ресурс]/О. О. Орлов, М. І. Євдошук, В. Г. Омельченко, О. М. Трубенко//Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ, 2007. – № 4 (25). – Режим доступу до ресурсу: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/4704/1/2579p.pdf>.

7. Орлов О. О. Можливість утилізації промислових токсичних відходів у пластах з аномально низькими пластовими тисками в Україні. [Електронний ресурс]/О. О. Орлов, М. І. Євдошук, В. Г. Омельченко, О. М. Трубенко//Доповіді Національної академії наук України. – 2011. – № 2. – Режим доступу до ресурсу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILEA=&2_S21STR=dnanu_2011_2_21.

8. Орловський В. М. Нові полегшені і легкі тампонажні матеріали/В. М. Орловський, С. Г. Михайленко, О. В. Лужаниця//Науковий вісник. – Івано-Франк. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2010. – № 3. – С. 10–14.

9. Притула Л. Я. Інновації в цементуванні свердловин Верхньомасловецького родовища [Електронний ресурс]/Л. Я. Притула, М. М. Плитус, Ю. М. Величко, І. О. Сеньків//Технічні науки. Розробка корисних копалин і геодезія. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sworld.com.ua/konfer37/370.pdf>.

10. Ставичний Є. М. Розроблення тампонажних систем для цементування хемогенних відкладів у свердловинах родовищ Дніпровсько-Донецької западини: дис. канд. техн. наук: 05.15.10 – Буріння нафтових і газових свердловин/Є. М. Ставичний. – Івано-Франківськ, 2015. – 198 с.

11. Судакова А. А. Обґрунтування параметрів технології ізоляції поглинаючих горизонтів бурових свердловин: дис. канд. техн. наук: 05.15.10 – Буріння свердловин/А. А. Судакова. – Дніпро, 2018. – 240 с.

12. Angela Anh Doan (Baker Hughes), Andrew Christopher Holley (Baker Hughes), Li Li (Baker Hughes), Matthew Grady Kellum (Baker Hughes). A Novel Cement System to Ensure Slurry Stability in Horizontal Well/DOI <https://doi.org/10.2118/185123-MS/SPE> Oklahoma City Oil and Gas Symposium, 27–31 March, Oklahoma City, Oklahoma, USA/2017 Electronic resource: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-185123-MS>.

13. Ferran L. M. Evolution of abnormally high and low pressured Morrow sands in north-western Oklahoma using well logs and water simple data/M. S. Thesis, Univ. of Tulsa. – 1973. – Tulsa, Oklahoma. – 110 p.

14. Hanson P. Investigation of Barite Sag in Weighted Drilling Fluids in High Deviated Wells/P. Hanson, T. Trigg, G. Rachal, M. Zamora//SPE paper 20423 presented at the SPE Annual Conference and Exhibition. New Orleans. – 1990 Sept. – P. 23–26.

15. Michael K., Bachu S. Fluids and Pressure Distributions in the Foreland-Basin Succession in the West-Central Part of the Alberta Basin, Canada: Evidence for Permeability Barriers and Hydrocarbon Generation and Migration//AAPG Bulletin. – Jul 2001. – 85. – P. 1231–1252.

16. Palmer I. D., Higgs N. Prediction of Sanding Using Oriented Perforation in a Deviated Well, and Validation in the Field, SPE 98252, 2006.

17. Song Ge. Coupling model of transient temperature and pressure in gas wells. – Chengdu: Southwest Petroleum University, 2015.

18. Trick M. D. Comparison of Correlations For Predicting Wellbore Pressure Losses in Gas-Condensate and Gas-Water Wells//1 Canadian international petroleum conference. – Paper 2003–019.

19. Wu Y., Bai B. Efficient Simulation for Low-Salinity Waterflooding in Porous and Fractured Reservoirs//SPE 118830:SPE Reservoir Simulation Symposium held in The Woodlands, Texas, USA, 2–4 February 2009. – Texas, 2009. – 13 p.

20. Xu Hao. Influence of tectonic uplift-erosion on formation pressure/Xu Hao, Zhang Junfeng, Jia Chengzao, Tang Dazhen and Yin Wei//Petroleum Science. – December 2010. – Vol. 7. – Iss. 4. – DOI 10.1007/s12182-010-0094-9.

REFERENCES

1. Bandur R. V., Luzhanytsia O. V., Mykhailenko S. H., Kotskulych Ya. S. Analyzing the source of poor quality cementing in the Dnieper-Donetsk depression condition/Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch. – Ivano-Frankivsk, 2003. – P. 127–130. (In Ukrainian).

2. Vishnikin Ye., Svitlytskyi V., Ivankiv O. New types of drilling mud for opening oil and gas horizon in process of drilling horizontal wells for oil and gas extraction/Visnyk Nats. tekhn. un-tu “KhPI”: zbirnyk nauk. dop. Temat. vyp.: Khimiia, khimichna tekhnolohiia i ekolohiia. – Kharkiv: NTU “KhPI”; 2007. – № 9. – P. 41–46. (In Ukrainian).

3. Ivankiv O. O., Svitlytskyi V. M., Yavorskyi M. M., Pysarenko A. A. New technology of methods opening abnormal low pressure horizon//Naukovyi visnyk IFNTUNH. Rozrobka ta ekspluatatsiia naftovykh i hazovykh rodovysch. – Ivano-Frankivsk, 2007. – № 2 (16). – P. 48–54. (In Ukrainian).

4. Lukin A. E. Hydrocarbon potential of deep depth and perspective of the exploitation of interior part of the Earth in Ukraine//Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy. – Kyiv, 2014. – № 5. – P. 31–36. (In Russian).

5. Orlov O. O., Stavitskyi E. A., Fedoryshyn D. D. Technical geo fluid dynamical conception of pressure-and-temperature conditions formation in sedimentary basins and practical employment in oil-gas search, oil-gas-field exploration and extraction. – Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2013. – 245 p. (In Ukrainian).

6. Orlov O. O., Yevdoshchuk M. I., Omelchenko V. H., Trubenko O. M. The conception of geodynamical origin of abnormally low formation pressure in sedimentary shell of the Earth//Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch. – Ivano-Frankivsk, 2007. – Vol. 4. – № 25. – P. 30–41. (In Ukrainian).

7. Orlov O. O., Yevdoshchuk M. I., Omelchenko V. H., Trubenko O. M. Salvageability the hazardous materials and factory waste in the formation with abnormal low pressure in Ukraine//Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy. – 2011. – № 2. (In Ukrainian).

8. Orlovskiy V. M., Mykhailenko S. H., Luzhanytsia O. V. New lightweight cementing materials//Naukovyi visnyk. – Ivano-Frank. nats. tekhn. un-tu nafty i hazu, 2010. – № 3. – P. 10–14. (In Ukrainian).

9. Prytula L. Ya., Plytus M. M., Velychko Yu. M., Senkiv I. O. Innovation in the cementing wells of Verkhnomaslovetsky field//Tehnicheskie nauki. Razrobka poleznykh iskopaemykh i geodeziia. – 2014. – Electronic resource: <https://www.sworld.com.ua/konfer37/370.pdf>. (In Ukrainian).

10. Stavychnyi Ye. M. Development the plugging materials for cementing well chemogenic rock Dnieper-Donetsk depression condition: dys. kand. tekhn. nauk: 05.15.10 – Burinnia naftovykh i hazovykh sverdlolvyn. – Ivano-Frankivsk, 2015. – 198 p. (In Ukrainian).

11. Sudaкова А. А. Discourse about parameters of lost circulation zone plugging technology of drilling well: dys. kand. tekhn. nauk: 05.15.10 – Burinnia sverdlolvyn. – Dnipro, 2018. – 240 p. (In Ukrainian).

12. Angela Anh Doan (Baker Hughes), Andrew Christopher Holley (Baker Hughes), Li Li (Baker Hughes), Matthew Grady Kellum (Baker Hughes). A Novel Cement System to Ensure Slurry Stability in Horizontal Well/DOI <https://doi.org/10.2118/185123-MS/SPE> Oklahoma City Oil and Gas Symposium, 27–31 March, Oklahoma City, Oklahoma, USA/2017 Electronic resource: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-185123-MS>.

13. Ferran L. M. Evolution of abnormally high and low pressured Morrow sands in north-western Oklahoma using well logs and water simple data/M. S. Thesis, Univ. of Tulsa. – 1973. – Tulsa, Oklahoma. – 110 p.

14. Hanson P. Investigation of Barite Sag in Weighted Drilling Fluids in High Deviated Wells/P. Hanson, T. Trigg, G. Rachal, M. Zamora//SPE paper 20423 presented at the SPE Annual Conference and Exhibition. New Orleans. – 1990 Sept. – P. 23–26.

15. Michael K., Bachu S. Fluids and Pressure Distributions in the Foreland-Basin Succession in the West-Central Part of the Alberta Basin, Canada: Evidence for Permeability Barriers and Hydrocarbon Generation and Migration//AAPG Bulletin. – Jul 2001. – 85. – P. 1231–1252.

16. Palmer I. D., Higgs N. Prediction of Sanding Using Oriented Perforation in a Deviated Well, and Validation in the Field, SPE 98252, 2006.

17. Song Ge. Coupling model of transient temperature and pressure in gas wells. – Chengdu: Southwest Petroleum University, 2015.

18. Trick M. D. Comparison of Correlations For Predicting Wellbore Pressure Losses in Gas-Condensate and Gas-Water Wells//1 Canadian international petroleum conference. – Paper 2003–019.

19. Wu Y., Bai B. Efficient Simulation for Low-Salinity Waterflooding in Porous and Fractured Reservoirs//SPE 118830:SPE Reservoir Simulation Symposium held in The Woodlands, Texas, USA, 2–4 February 2009. – Texas, 2009. – 13 p.

20. Xu Hao. Influence of tectonic uplift-erosion on formation pressure/Xu Hao, Zhang Junfeng, Jia Chengzao, Tang Dazhen and Yin Wei//Petroleum Science. – December 2010. – Vol. 7. – Iss. 4. – DOI 10.1007/s12182-010-0094-9.

Рукопис отримано 7.10.2019.

УДК 330.15

 <https://doi.org/10.31996/mru.2019.4.23-29>

Г. І. РУДЬКО, д-р геол.-мінерал. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук, професор (Державна комісія України по запасах корисних копалин), office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7752-4310>

G. RUDKO, Doctor of Geology and Mineralogy, Doctor of Geographical Sciences, Doctor of Technical Sciences, professor (State Commission of Ukraine on Mineral Resources), office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7752-4310>

РОЛЬ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В ЕКОНОМІЦІ СВІТУ ТА УКРАЇНИ

THE ROLE OF MINING INDUSTRY IN THE WORLD ECONOMY AND THE ECONOMY OF UKRAINE

Розглянуто рівень розвитку й проаналізовано вплив гірничодобувної промисловості на світову економіку, її зв'язки з іншими сферами світового господарства. Окреслено основні тенденції розвитку видобутку мінеральної сировини в різних країнах. Визначено проблеми функціонування та перешкоди розвитку підприємств гірничодобувної промисловості України в сучасних умовах, запропоновано способи їхнього усунення та підвищення ефективності галузі загалом.

Ключові слова: гірничодобувна промисловість, економічний потенціал, мінерально-сировинний потенціал, корисні копалини, інвестування.

The level of development has been considered, the impact of mining industry on the world economy and its connections with other spheres of the world economy have been analyzed.

Today mining industry is not only one of the leading fields of global economy, but it has also promoted the emergence of other fundamental branches. The development of this sphere is extremely important not only for the state, which plays the role of a regulator, but also for investors, contractors, suppliers, service companies, indigenous population and consumers.

Due to its long-term development, mining industry differs from the majority of other kinds of human activity. Diversified mining industry is generally a prerogative of highly developed countries since only several segments are often functioning in less developed countries, and sometimes mineral raw materials are only extracted there.

Nowadays no country in the world possesses full range of all types of rocks and minerals.

Basic tendencies in development of extraction of mineral raw materials in different countries have been described. The current state of global mining industry can be called the advent of the so-called new era due to the increase of cost of mineral raw materials; however it is also necessary to develop the fields even with quite small and low-quality mineral reserves. Mining operations and development of mineral deposits are being relocated from the developed countries to the developing ones.

It is better to consider the possibility of improvement of already existing objects instead of building brand new ones for more efficient and easier operation of mining companies.

Problems of functioning and obstacles of development of mining enterprises in Ukraine under current conditions have been determined, ways of their elimination and increase of effectiveness in the branch in general have been proposed. National mining industry is adversely affected by such external factors as the global financial and economic crisis, processes of globalization. Although the mineral-raw material base of Ukraine has a sufficient amount of explored reserves of most mineral resources, it is currently at the stage of depletion of the subsoil, which requires the reformation of the economic mechanism for its use.

Keywords: mining industry, economic potential, mineral and raw material potential, minerals, investment.

Останнім часом вплив сучасної гірничодобувної промисловості як окремо взятої галузі на світову економіку набагато збільшився. Тільки за період 2002–2012 рр. її роль у глобальній економіці стрімко зростає. На сьогодні вона піднялася на 5-ту сходинку в рейтингу найпотужніших виробничих напрямів після комп'ютерного, фармацевтичного, нафтогазового й банківського секторів, хоча 2005 року за рівнем капіталізації посідала лише 24-те місце серед глобальних секторів світової економіки.

Гірничодобувна промисловість є комплексом галузей у сфері видобутку й збагачення таких корисних копалин, як базові метали (поліметалеві, мідні, свинцеві, алюмінієві та інші руди), благородні метали, залізні, уранові руди, вугілля, алмази, вапняк, калієвий польовий шпат (поташ), графіт, азбест, слюда, глини, інші мінеральні будівельні матеріали. У широкому сенсі до гірничодобувної промисловості належить також видобуток нафти й газу, хоча найчастіше його виокремлюють.

Видобуток і переробка мінеральної сировини мають таку ж давню історію, як і розвиток людства.

Розвиток гірничодобувної промисловості та розміщення її галузей зумовлені природними (наявність у надрах достатніх ресурсів корисних копалин належної якості) та соціально-економічними чинниками.

Гірничодобувна промисловість як окрема галузь почала формуватися в XVI–XVIII ст. на базі розширення середньовічного ремесла, перетворення гірників-ремісників на найманих працівників, виникнення гірничих і гірничо-металургійних мануфактур.

Промислова революція кінця XVIII – початку XIX ст. стимулювала збільшення видобутку мінеральної сировини, причому до другої половини XIX ст. такою сировиною були тільки тверді корисні копалини. З розвитком металургії зріс попит на руду й кам'яне вугілля для випалювання коксу.

Величезні масштаби видобутку мінеральної сировини припали на межу XIX і XX ст. – період переходу промислово розвинених капіталістичних країн до імперіалізму. Переважання окремих видів енергетичної сировини у світовій капіталістичній економіці спричинило докорінні зміни структури світової гірничодобувної промисловості. У XX ст. почав бурхливо розвиватися промисловий видобуток нафти й газу. У галузях гірничодобувної промисловості різко зростає концентрація виробництва, у капіталістичних країнах були створені великі монополії гірничого профілю. Істотні зміни торкнулися й технологій видобутку корисних копалин. Так, на початку XX ст. в розвинених країнах домінували шахтні методи видобутку, проте з поширенням гірничодобувної промисловості в країни, що розвиваються, почали переважати відкриті методи розробки родовищ.

Доходи гірничодобувної промисловості сприяли створенню й розширенню виробництва різного роду машин та устаткування, а також великою мірою впливали на розвиток металообробної промисловості. У такий спосіб гірничодобувна промисловість сприяла створенню фундаментальних галузей економіки.

Нерівномірне розміщення галузей гірничодобувної промисловості на окремих континентах і в регіонах зумовило різний ступінь їхньої самозабезпеченості мінеральною сировиною, паливом, продуктами їхнього перероблення, привело до розвитку активної міжнародної торгівлі в цій сфері. Мінеральна сировина досі посідає чільне місце за тоннажем у світовій торгівлі.

Багатогалузева гірничодобувна промисловість – це здебільшого прерогатива високорозвинених країн, оскільки в менш розвинених країнах найчастіше функціонує лише кілька підгалузей, а іноді в них мінеральну сировину лише видобувають.

На сьогодні жодна країна світу не має повного обсягу всіх видів гірських порід і мінералів. Тільки 10 з країн, які є лідерами за обсягом імпорту копалин, мають можливість видо-

бувати приблизно 35 видів мінеральних продуктів. Серед них Канада, ПАР, Індія, Бразилія, Австралія, США, Китай і Росія. Однак у споживанні продукції цієї галузі незмінне лідерство зберігає Китай.

Гірничодобувна промисловість є однією з провідних галузей глобальної економіки. Крім великих компаній, яких у світі налічується понад шість тисяч, до її складу входять невеликі гірничодобувні фірми (табл. 1). Розвиток цієї галузі вкрай важливий не лише для держави, яка відіграє роль регулятора, а й для інвесторів, підрядників, постачальників, сервісних компаній, корінного населення і споживачів [3].

Нині такі чинники, як зростання чисельності населення, урбанізація, соціальний та економічний розвиток і навіть попит на “зелену” й низьковуглецеву економіку сприяють зростанню попиту на мінеральну сировину. Однак задоволення цього попиту й досягнення поставлених цілей потребують витрат з боку населення й довкілля.

Наявний стан справ у світовій гірничодобувній галузі можна назвати настанням так званої нової ери. Проте, на жаль, є

Таблиця 1. Найбільші гірничодобувні компанії світу (станом на 2016 р.) [6]

Назва	Країна	З традиційних гірничодобувних країн (Т) та країн, що розвиваються (Р)	Рейтинг у 2015 р.
BHP Billiton plc/BHP Billiton Limited	Велика Британія/Австралія	Т	1
Rio Tinto plc / Rio Tinto Limited	Велика Британія/Австралія	Т	2
China Shenhua Energy Company Limited	Китай/Гонконг	Р	3
Coal India Limited	Індія	Р	4
ГМК “Норильський нікель”	Росія	Р	5
Glencore plc	Велика Британія/Австралія	Т	6
Grupo Mexico S.A.B. de C.V.	Мексика	Т	7
Vale S.A.	Бразилія	Р	8
Potash Corp. of Saskatchewan, Inc.	Канада	Т	9
Saudi Arabian Mining Company (Ma’aden)	Саудівська Аравія	Р	10
The Mosaic Company	США	Т	11
China Coal Energy Company Limited	Китай/Гонконг	Р	12
Zijin Mining Group Co. Ltd	Китай/Гонконг	Р	13
Goldcorp Inc.	Канада	Т	14
Newmont Mining Corporation	США	Т	15
Barrick Gold Corporation	Канада	Т	16
China Northern Rare Earth (Group) High-Tech Co. Limited	Китай/Гонконг	Р	17
Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc.	США	Т	18
Fresnillo plc	Велика Британія/Мексика	Т	19
Polyus Gold International Limited	Велика Британія/Росія	Т	20
Shaanxi Coal Industry	Китай/Гонконг	Р	21
Newcrest Mining Limited	Австралія	Т	22
Sumitomo Metal Mining Company	Японія	Т	23
ПАТ “Уралкалій”	Росія	Р	24
Antofagasta plc	Велика Британія	Т	25
Jiangxi Copper Company Limited	Китай/Гонконг	Р	26
Anglo American plc	Велика Британія	Т	27
Agnico-Eagle Mines Ltd	Канада	Т	28
Randgold Resources Limited	Велика Британія	Т	29
AngloGold Ashanti Ltd	ПАР/США/Австралія	Т	30
Sichuan Tianqi (літій)	Китай/Гонконг	Р	31
NMDC Limited	Індія	Р	32
Tongling Non Ferrous Metals Group	Китай/Гонконг	Р	33
Yanzhou Coal Mining Company Limited	Китай/Гонконг	Р	34
Silver Wheaton Corporation	Канада	Т	35
Cameco Corporation	Канада	Т	36
Zhijin Lingnan Non Ferrous Metals	Китай/Гонконг	Р	37
Shandong Gold Mining Company Limited	Китай/Гонконг	Р	38
Inner Mongolia Yitai Coal Company Limited	Китай/Гонконг	Р	39
Fortescue Metals Group Limited	Австралія	Т	40

деякі нюанси: зростають витрати через брак кваліфікованих робітничих кадрів, доводиться розробляти родовища з доволі малими й неякісними запасами корисних копалин, проектування розробки родовищ дедалі дорожчає, оскільки місця видобутку мають складнішу структуру й розміщені далеко від великих міст. У підсумку можна впевнено стверджувати, що гірничодобувна промисловість світу дуже сильно залежить від дій країн, що розвиваються (переважно Китаю як основного споживача продукції цієї галузі). Істотно зріс попит на мінеральну сировину в Бразилії, Індонезії, Індії.

Усі наведені дані дають підставу сподіватися на стабільність світової економіки в галузі видобутку корисних копалин, але ризики є завжди. Для ефективнішого й простішого ведення діяльності гірничодобувної компанії ліпше розглянути можливості вдосконалення вже наявних перевірених об'єктів замість будівництва абсолютно нових.

Потреба в мінеральній продукції безперервно зростає, що призводить до використання дедалі біднішої сировини, збільшення обсягу переробленої гірничої маси, глибин гірничих робіт тощо, які потребують удосконалення способів видобутку й технології перероблення.

У нафтовій галузі гірничодобувної промисловості глибина експлуатованих нафтових продуктивних свердловин зросла до 5–6 км і більше. Тільки в США щорічно проходять понад 10 тисяч розвідувальних свердловин завдовжки 18–20 млн метрів загалом. Водночас сотні свердловин бурять до глибини понад 5 км, а деякі – до 8–9 км; вартість проходки однієї глибокої чи надглибокої свердловини сягає кількох мільйонів доларів.

Зростають масштаби будівництва спеціальних бурових платформ і суден для виконання геологорозвідувальних робіт, видобутку нафти й газу в морських умовах. Для підвищення коефіцієнта нафтовидатності широко використовують вторинні, а в деяких випадках – третинні методи видобутку нафти. Сучасні процеси первинної обробки або збагачення мінеральної металевої й нерудної сировини підняли рівень збагачувальних підприємств до високоефективних виробництв товарної руди чи концентрату.

З кожним роком масштаби активної індустріалізації гірничодобувної промисловості збільшуються. Характер розвитку гірничодобувної промисловості та її зв'язки з іншими сферами світового господарства проявляються в постійному зростанні витрат гірничодобувного виробництва. Інтенсивність їхнього зростання, з одного боку, стримується розвитком техніки й технології, з іншого – підсилюється жорсткими заходами з охорони довкілля, більшою обмеженістю нових районів для пошуків родовищ корисних копалин, зростанням енергоємності видобутку й вартості енергії. Тому прогрес гірничодобувної промисловості здебільшого пов'язують як з подальшим розвитком традиційних методів видобутку й первинним переробленням сировини, які дають змогу збільшити масштаби й підвищити ступінь вилучення, так і з впровадженням принципів нових технологічних схем і технічних рішень.

Через свій довгостроковий розвиток гірничодобувна промисловість відрізняється від більшості інших різновидів людської діяльності. Щоб вона могла робити позитивний внесок у розвиток економіки впродовж тривалого часу, увагу треба надавати не тільки генерованому зиску й відповідним витратам, а і їхньому розподілу в розрізі всього суспільства. У практичному сенсі концепція розподілу потребує аналізу всього життєвого циклу добувального проекту.

Загальний обсяг продукції гірничодобувної промисловості за вартістю 2012 року був ушестеро більшим, ніж 2000 року, і

на 60 % більшим, ніж 2008 року. Цього періоду темпи зростання гірничодобувної промисловості набагато перевищували темпи світового зростання валового внутрішнього продукту і відображали відносно збільшення значення гірничодобувної промисловості для світової економіки. Цей бум великою мірою зумовлений безпрецедентним зростанням попиту на мінерали й метали в Китаї, Індії та інших країнах, що розвиваються, що неабияк контрастувало з відсутністю будь-якого зростання в попереднє десятиліття. Воно було результатом комбінації росту цін і збільшення обсягів виробництва. Провідні компанії цього сектору за останні десятиліття набагато зміцнили свої позиції на глобальних ринках [3].

Швидке підвищення вартості продукції гірничодобувної промисловості пов'язане насамперед з ростом цін на сировину. Це можна простежити на прикладі Бразилії. У гірничій промисловості цієї країни переважає залізна руда, мідь і золото, на частку яких припадає 92 % вартості продукції галузі. За 2000–2012 рр. у грошовому вираженні видобуток цих металів зріс удванадцятьтеро, а в натуральному – усього в 1,8 раза.

В Європі, попри істотне зниження ролі гірничодобувної промисловості, чимало корисних копалин і далі добувають у значних масштабах. Так, щорічні обсяги видобутку міді й залізної руди становлять тут відповідно 775 тис. т і 30 млн т. У країнах Північної Європи поліметалеві руди видобували впродовж століть і сьогодні вони домінують в європейській гірничодобувній промисловості. Тоді як видобуток корисних копалин переміщується від розвинених країн до країн, що розвиваються, потужності з виплавлення й збагачення руд великою мірою залишаються і в розвинених країнах. Хоча й тут баланс починає помітно змінюватися з розвитком виробництва рафінованої міді та алюмінію в Китаї.

З позицій добувних компаній вищі ціни не завжди приводять до збільшення прибутків, оскільки витрати виробництва зростають пропорційно. Хоча витрати й ціни на видобуток корисних копалин досить значно відрізняються між собою, можна виділити кілька загальних чинників, що впливають на динаміку цін на ресурси. Тоді як добувні компанії прагнули скористатися перевагою високих цін, попит на споживчі чинники виробництва виявився вищим, ніж на готову продукцію, особливо на обладнання, послуги, паливо, хімікати й робочу силу. Інфляція витрат була особливо помітною стосовно висококваліфікованої робочої сили, пропонування якої виявляється фіксованим у короткостроковому періоді.

Обсяги доходів і витрат відрізняються на окремих стадіях життєвого циклу гірничодобувного проекту. Наприклад, прямі витрати праці найвищі на ранніх стадіях будівництва шахти, а отримання більшої частини фінансових доходів потребує певного часу. На різних стадіях життєвого циклу загальний потенціал і реальний внесок гірничодобувного проекту різні і можуть охоплювати, крім фінансового, багато інших аспектів. Звідси впливає важлива проблема для держави: як найефективніше використовувати свої мінеральні багатства й доходи від них?

У нових родовищах переважно невеликий уміст корисного компонента й складніший мінеральний склад, ніж це було ще 10 років тому. Це особливо типово для таких металів, як мідь. Унаслідок зростають ціни, а бідніші родовища не розробляють доти, доки ціни не стануть достатньо високими для покриття таких витрат або не з'являться нові дешевші технології видобутку.

Нові родовища часто виявляють на більшій, ніж раніше, глибині. Як наслідок – збільшуються витрати на видобуток корисної копалини як відкритим, так і шахтним способами. Нові родовища часто розміщуються на більшій відстані від

ринків збуту й у місцях із суворим кліматом, наприклад в Арктиці чи у високогірних районах Анд. Жорсткіші регулювальні стандарти й вимоги отримання дозволів на видобуток (для якомога повнішого дотримання екологічних і соціально-економічних норм) подовжують час отримання ліцензій і в такий спосіб збільшують витрати. Ці чинники в коротко- і середньостроковій перспективі істотно помножують витрати, а отже й мінімальні ціни, за яких видобуток буде рентабельним.

На сьогодні двома головними регіонами у світі, які найменшою мірою вивчені геологічно, є Африка й Арктика, включно із Сибіром, Аляскою, Північною Канадою, Гренландією й країнами Північної Європи. Крім цього, можливий видобуток корисних копалин і з dna глибоководних морів.

У перспективі більша частина нових виробничих потужностей видобутку стосуватиметься тих самих мінералів і металів, що й сьогодні: вугілля, залізної руди, міді, бокситів, фосфоритів і в менших, але також великих обсягах – нікелю, цинку, свинцю. Найбільшими об'єктами інвестицій і далі будуть залізна руда, мідь, золото й нікель. На ці метали припадатиме до 85 % усіх майбутніх інвестицій у гірничодобувну промисловість.

Китай, як і раніше, буде найпотужнішим імпортером продукції гірничодобувної промисловості. 2011 року китайська влада поставила перед китайськими компаніями завдання підсилити контроль за шахтами зарубіжних країн. У державу мало надходити 50 % залізної руди, видобутої із закордонних родовищ, які контролюють китайські компанії.

З економічним зростанням країн, що розвиваються, і розширенням їхнього геологічного потенціалу дедалі більшу частину провідних гірничодобувних компаній на глобальному ринку репрезентуватимуть компанії з Китаю, Індії та інших країн, що розвиваються, а роль корпорацій розвинених країн зменшуватиметься.

Хоча за останні 20 років багато державних компаній з видобутку металів було приватизовано, половину світової продукції досі контролює держава. І в перспективі контроль з боку держави в гірничодобувній промисловості підсилюватиметься.

Ще однією важливою тенденцією є щоразу більше залучення до видобутку корисних копалин компаній, які працювали в інших ланках ланцюга доданої вартості: збагаченні, металургії, обробці й навіть торгівлі ресурсами. Ця тенденція дуже поширена серед сталеліварних компаній, які прагнуть увійти в добувний бізнес і забезпечити собі постачання залізної руди й коксівного вугілля за прийнятними цінами. У минулому така тенденція була характерна для Радянського Союзу, Китаю та Індії, де металургійні заводи й компанії намагалися здійснити так звану зворотну інтеграцію у видобуток залізної руди й вугілля.

Багато країн світу з низьким і середнім доходом отримали значні вигоди від ресурсного суперциклу, який підтримав Китай і меншою мірою Індія. Їм були влативі високі темпи економічного зростання, що "підігрівалися" високими цінами на ресурси, які вони експортували.

Стійке економічне зростання в цих країнах почало суперечити дуже поширеній думці, що гірничодобувна промисловість хоча й може генерувати надходження валюти й фінансових коштів, проте не здатна зробити істотного внеску в сталий економічний розвиток і розвиток людського потенціалу. Крім того, стверджувалося, що гірничодобувна промисловість може негативно впливати на економічний розвиток, збільшувати нерівність, спричинювати руйнування довкілля, стимулювати корупцію і рентоорієнтовану поведінку.

Раніше й такі високорозвинені країни, як США, Швеція, Канада, Австралія також використовували доходи від гірни-

чодобувної промисловості для сталого економічного зростання й підвищення індексу людського капіталу. В останніх двох країнах гірничодобувна промисловість і далі відіграє провідну роль в економічному зростанні.

На прикладі низки ресурсних країн з досить тривалою історією гірничодобувної промисловості можна проаналізувати різні канали й механізми, через які добувна промисловість впливає на економічний розвиток, і за яких обставин добувний сектор може виступати й виступає рушієм стійкого та широкого соціально-економічного зростання.

Великі добувні проекти передбачають інфраструктуру, яку згодом зможуть використовувати інші галузі господарства, що особливо характерно для Чилі й Перу. У Чилі, крім того, гірнича промисловість здійснила серію інвестицій обсягом 8 млрд дол. США в проекти водопостачання в посушливих регіонах країни.

Є твердження, що гірничодобувна промисловість генерує слабкі зв'язки з іншими галузями економіки і що єдиний економічний ефект від її розвитку полягає у використанні отриманих фінансових доходів. Проте історичний досвід показує, що багато країн використовує добувний сектор як чинник розвитку, що генерує сильні прямі й зворотні зв'язки вздовж ланцюгів доданої вартості й у такий спосіб підвищує мультиплікативний економічний ефект.

Добувним компаніям належить найважливіша роль у розв'язанні проблем нової ресурсної моделі зростання – гармонізації власних інтересів з інтересами ресурсних країн. Майже половина відомих (розвіданих) запасів корисних копалин зосереджена в країнах, які не є ані членами Організації економічної співпраці та розвитку (ОЕСР), ані членами Організації країн-експортерів нафти (ОПЕК), і які можуть вирізнятися високим політичним ризиком, нерозвиненою інфраструктурою й малим досвідом держави в галузі ефективного управління ресурсним багатством. Через це багато компаній переглядає цілі своєї діяльності, відходить від виняткового акценту на видобуток ресурсів і вносить у них стратегію економічного розвитку в кооперації з країною, де здійснює свої операції.

Видобуток і розробка родовищ корисних копалин дедалі більше зміщуються від розвинених країн до країн, що розвиваються, які багато на що очікують від добувних компаній. Згідно з результатами досліджень серед таких очікувань переважають питання національного економічного розвитку, а також соціальні й суспільні вигоди.

Звідси випливає, що вони розглядають компанії не тільки як оператора родовищ, а й як джерело нових робочих місць, економічного розвитку й формування місцевої громади. Крім того, конкуренція за ресурси підсилюється не тільки з боку вже наявних глобальних багатонаціональних корпорацій, а й з боку величезної кількості нових китайських добувних компаній. За останні 20 років китайські державні компанії перетворилися на провідних гравців на глобальному ресурсному ринку.

Хоча більшість операцій китайські добувні компанії здійснюють на внутрішньому ринку, вони стрімко розширюють свій бізнес за кордоном. Китайська присутність у ресурсному секторі є набагато ширшою, ніж багато хто припускає. Китайські державні компанії часто вступають у конкуренцію одна з одною і мають певну незалежність від свого головного власника – китайської держави.

З 1999 року компанія Behre Dolbear [5] проводить щорічне дослідження країн світу щодо привабливості їхньої гірничодобувної галузі для інвестицій.

За час своєї роботи фахівці компанії встановили позитивну кореляцію між добробутом держави й процвітанням її гірничодобувної промисловості. Крім того, коли в тій чи іншій країні починають усвідомлювати потребу змін у гірничій політиці (прийняття нової або модернізація старої), одночасно починає зростати її економічний потенціал.

На основі результатів аналізу семи різних критеріїв гірничодобувної галузі (економічна й політична система країни; соціальні аспекти, що впливають на видобуток у країні (соціальна ліцензія); процес ліцензування, отримання дозволів на розвідку й видобуток; рівень корупції в країні; стабільність національної валюти; конкурентоспроможність податкової політики) 2015 року складено й опубліковано рейтинг 25 потенційно найпривабливіших для інвестування країн (табл. 2). Кожен критерій був виражений у конкретному числовому значенні, яке відбивало відносні умови, що впливають на зростання обсягів інвестицій у видобуток корисної копалини. Потім було підраховано загальну оцінку за всіма сімома критеріями, за якими й було ранжовано аналізовані країни.

Лідерами рейтингу привабливості для інвестицій стали Канада, Австралія, США, Чилі, Мексика. Ці держави стабільні й посідають міцні позиції в світовій гірничодобувній промисловості. Видобуток у всіх цих країнах зростає й становить велику частину економіки (за винятком США). Вони мають багату історію галузі, передові науково-технічні знання, технології та обладнання, а також розвинені приватний і державний сектори видобутку.

Країни, які посіли місця в середині рейтингу, перебувають на перехідній стадії розвитку гірничодобувної галузі. Державна політика й гірниче законодавство цих країн переживають трансформацію і становлення, що позначається на загальній нестійкості їхніх позицій.

Треба мати на увазі, що світові ринки сировини та інвестиційні проекти в галузі надрокористування жорстко поділені, а їхні найпривабливіші сегменти характеризуються високим

напруженням конкурентної боротьби. Глобалізація світового мінерально-сировинного комплексу стала реальністю [2].

Основні тенденції його розвитку в умовах глобалізації можна ототожнити з переліченим нижче.

1. Більшість розвинених індустріальних держав поступово витісняє зі своїх територій підприємства з видобутку й перероблення мінеральної сировини, орієнтуючись на імпорт сировинної продукції. Австралія, ПАР і меншою мірою Канада поки є винятками із цього правила.

2. Світовий ринок майже всіх видів мінеральної сировини нині насичений і продуценти з індустріальних країн, здатні впливати на торговельну політику своїх держав, не зацікавлені в появі нових продавців, які пропонують сировину за низькими цінами.

3. Видобуток і перероблення мінеральної сировини завжди були ризикованими сферами вкладення капіталу з тривалим терміном окупності. Через це корпорації прагнуть мінімізувати ризик й освоювати родовища в державах з передбачуваною економікою і стабільним політичним режимом.

4. Дедалі більше країн “третього світу” бере курс на розвиток сировинних галузей промисловості за кошти іноземних інвесторів. Ця обставина, з одного боку, надає великим корпораціям можливість вибору об’єктів для інвестування, а з іншого – веде до поступового зниження світових цін на більшість видів сировинної продукції (головно внаслідок заощадження на оплаті праці).

5. Кон’юнктура світового ринку об’єктів надрокористування в останні роки складалася так, що, крім нафти, газу, кольорових і благородних металів, алмазів, урану, родовища інших видів мінеральної сировини були менш привабливими для потенційних інвесторів.

Вартісна оцінка ризику діяльності добувних компаній у ресурсних країнах в останнє десятиліття зросла внаслідок трьох основних причин.

По-перше, через підвищення й мінливість (волатильність) ресурсних цін. Така мінливість, на думку експертів, буде ви-

Таблиця 2. Рейтинг країн за привабливістю інвестицій у гірничодобувну галузь (2013–2015 рр.) [5]

Місце	2013	2014	2015
1	Австралія	Канада	Канада
2	Канада	Австралія	Австралія
3	Чилі	США	США
4	Бразилія	Чилі	Чилі
5	Мексика	Мексика	Мексика
6	США	Бразилія	Перу
7	Колумбія	Перу	Намібія
8	Ботсвана	Ботсвана	Ботсвана
9	Перу	Намібія	Колумбія
10	Гана	Гана	Гана
11	Монголія	Колумбія	Бразилія
12	Танзанія	Замбія	Замбія
13	Китай	Танзанія	ПАР
14	Намібія	ПАР	Індія
15	Аргентина	Філіппіни	Індонезія
16	Індія	Китай	Філіппіни
17	Філіппіни	Індія	Мозамбік
18	Індонезія	Індонезія	Казахстан
19	Замбія	Казахстан	Монголія
20	ПАР	Аргентина	Танзанія
21	Казахстан	Папуа Нова Гвінея	Китай
22	Папуа Нова Гвінея	Мозамбік	Аргентина
23	ДР Конго	Монголія	Росія
24	Мозамбік	Росія	Папуа Нова Гвінея
25	Росія	ДР Конго	ДР Конго

сокою і в наступні 20 років. Вона може підірвати соціальний контракт між добувною компанією і державою. Якщо державі здається, що вона не отримує справедливої частки від проектних доходів в умовах зростання цін, виникає тиск у бік перегляду умов контракту. Крім того, цінова мінливість може стримувати інвестиції приватного сектору й у такий спосіб збільшувати тиск держави на добувні компанії щодо ефективнішого використання умов поточних ліцензійних угод.

По-друге, нові інвестиційні проекти в гірничодобувній галузі є більшими, дорожчими й ризикованішими. Нові проекти частіше втілюються в неосвоєних регіонах, з екологічними проблемами, складних у геологічному сенсі, логістично нерозвинених, через що проектні витрати набагато збільшуються. Операційні збої й несподівані зміни фінансових режимів можуть неабияк впливати на проекти, які стають дедалі капіталомісткішими.

По-третє, добувні проекти стали великою частиною національної економіки. Історично такими проектами, порівнюючи з національною економікою, були тільки нафтодобувні. Однак сьогодні до них долучилася низка гірничорудних проектів.

Добувні компанії витратили сотні мільйонів доларів США на оцінку геологічних і технічних аспектів розвитку добувних проектів. Набагато менше часу й коштів вони витратили на відповідну оцінку політичних, соціальних та економічних чинників і особливостей розвитку тих країн, де ці компанії працюють.

Гарантування безпечного доступу до високоліквідних і рентабельних активів у довгостроковій перспективі виявляється ключовим чинником забезпечення зростання вартості компаній для своїх акціонерів. Тому потреби місцевого національного економічного розвитку перетворюються на центральну ланку корпоративної стратегії. Добувні компанії намагаються зважати у своїй діяльності на основні характеристики ресурсних країн.

Однією з найважливіших характеристик є розмір території країни й відповідно відносне значення ресурсного сектору. У країнах з порівняно нечисленним населенням добувна промисловість для економічного розвитку має набагато важливіше значення, ніж у великих країнах з більш диверсифікованою економікою й об'ємнішими внутрішніми ринками. Унаслідок гірничодобувна промисловість у малих ресурсних країнах потребує пильнішої уваги з боку держави.

Іншою вагомою характеристикою є стан і рівень економічного розвитку країни. Держава з менш розвинутою економікою схильна більшою мірою покладатися на добувну промисловість щодо доходів через обмеженість інших джерел податкових надходжень. Такі країни розраховують, що приватні компанії відіграватимуть активнішу роль в економічному розвитку країни, зокрема в наданні соціальних послуг місцевому населенню.

Гірничодобувна промисловість впливає на місцеву громаду в трьох найважливіших напрямках: зайнятість, доквілля й соціальні умови. Що стосується нових можливостей зайнятості, то за сучасних спеціалізації й автоматизації виробництва гірничодобувна промисловість створює мало нових робочих місць.

Місцева громада зацікавлена в тому, щоб не заподіяти шкоди довкіллю, тому конфлікти щодо збереження місцевого ландшафту, традиційного способу життя, переселення місцевого населення для забезпечення розробки природних ресурсів, руйнування культурного середовища, несправедливого розподілу економічних вигод, а також наймання приїжджої робочої сили, яка не інвестує отримані доходи в місцеву

економіку, спричиняють чималий резонанс і потребують вирішення ще до початку розробки природних ресурсів.

У світовій практиці ці проблеми вирішують через переговори між добувними компаніями й державою про умови видобутку ресурсу з конкретизацією внеску в розвиток місцевої громади. Раніше такі угоди укладали на пізніших стадіях процесу розробки родовищ як відповідь на конфлікти з місцевим населенням.

Характер ресурсного сектору в конкретній країні також є важливим чинником для добувних компаній. Якщо видобуток ресурсів у країні має тривалу історію, добувним компаніям легше знайти місцевих постачальників і кваліфікованих фахівців, а регулювальні органи мають чималий досвід роботи з гірничодобувною промисловістю.

Важливою обставиною є й залишковий вік активів. Триваліший часовий горизонт у добувній промисловості стимулює державу й компанії до укладання довгострокових стабільних угод.

Місце ресурсної країни на глобальній кривій витрат впливає на конкурентоспроможність країни, розмір отриманих ренти й доходів на основі податкових надходжень і вимог до локалізації виробництва. Важливою є також залежність країни від природних ресурсів. Ресурсна рента може бути найбільшим компонентом валового національного продукту країни або виявитися додатковим доходом до диверсифікованої економіки.

Нарешті, добувні компанії змушені зважати на питому вагу країни в глобальних ланцюгах поставок. Якщо ця частка для певного виду ресурсів велика, вона підсилює переговорні позиції країни або зумовлює геополітичні побоювання з боку країн-споживачів.

Перехід від планових методів управління виробництвом до ринкових відносин негативно позначився на виробничій діяльності гірничодобувних підприємств України. По-перше, вони позбулися чималого частини обсягів інвестицій з державних фондів на підтримку й розвиток гірничодобувного виробництва. По-друге, колишню систему централізованого матеріально-технічного постачання було ліквідовано й підприємства тепер самі змушені налагоджувати зв'язки з постачальниками техніки та ресурсів. Не останню роль відіграло й різке підвищення цін на енергоносії, транспорт, обладнання та матеріали, використовувані в гірничозбагачувальному виробництві, що спричинило неабияке зростання витрат на видобуток і перероблення мінеральної сировини.

Україна посідає перше місце в Європі за кількістю і якістю родовищ корисних копалин: за території у 0,4 % суходолу всієї планети частка нашої держави у світовому їхньому видобутку становить приблизно 5 % (понад 20 млрд дол. США на рік) [4].

Нині в Україні видобувають 93 види корисних копалин, водночас видобуток деяких з них перевищує споживання.

Гірничодобувна галузь є невід'ємним складником народногосподарського комплексу, забезпечує досить вагому частку в загальному обсязі випуску валової продукції, створює велику кількість робочих місць, має експортну спрямованість і є джерелом істотних надходжень до бюджету.

Однак нині гірничодобувна промисловість країни перебуває в непростому становищі. Наявність великих покладів сировинних ресурсів формує великий потенціал її розвитку, проте складні умови, в яких сьогодні функціонує галузь, спричиняють неповне використання потенційних можливостей підвищення ефективності роботи підприємств галузі.

На роботу вітчизняної гірничодобувної промисловості негативно впливають такі зовнішні чинники, як світова фі-

нансово-економічна криза, процеси глобалізації. Водночас чималої шкоди на рівні держави заподіює недосконале законодавство у сфері надрокористування. Зокрема, і досі не вирішені питання економіко-правового регулювання гірничих відносин у разі анулювання спеціального дозволу на видобуток певного виду мінеральної сировини та розміру й форми платежів за користування надрами.

Чинна в країні система користування надрами не відповідає сучасним вимогам переходу економіки до ринкових відносин. Сьогодні ще не сформовані єдині вимоги й правила користування надрами, не визначені єдині розміри платежів за користування ними. Хоча мінерально-сировинна база України має достатній резерв розвіданих запасів більшості видів корисних копалин, нині вона перебуває на етапі виснаження надр, що потребує реформування економічного механізму користування ними.

На розвиток підприємств гірничодобувної галузі негативно впливають також внутрішні чинники. Сучасний стан основних виробничих фондів добувної промисловості оцінюють як такий, що і фізично (зношеність понад 65 %), і морально застарів [4].

Нині добувні підприємства України мають не тільки оновлювати основні виробничі фонди для впровадження новітніх технологій та устаткування, які зменшать втрати корисних копалин, а й проводити екологізацію виробництва за всім технологічним циклом (видобуток – перероблення, збагачення), щоб зменшити техногенне навантаження на довкілля. Технічне переоснащення добувних підприємств потрібне не тільки для зменшення втрат корисних копалин під час їхнього видобутку (зокрема й комплексного) та перероблення, а також для гарантування промислової безпеки [1].

Для подальшого розвитку підприємств і подолання кризових явищ у добувній галузі України потрібно:

- розробити державні програми розвитку й стимулювання гірничодобувної промисловості, запровадити державну підтримку інноваційної діяльності, наприклад, створити на базі добувних підприємств промислові кластери як найпрогресивніші організаційні форми ринкової економіки, мінерально-сировинних бірж, інноваційних та інвестиційних фондів;
- розробити нову державну мінерально-сировинну політику щодо дослідження надр;
- відновити й забезпечити розвиток державної системи геологічного вивчення надр для створення випереджального приросту розвіданих запасів корисних копалин коштом держави і надрокористувачів;
- сформувати єдині вимоги й правила користування надрами та визначення платежів за користування ними.

Висновки. У міру того як країни, що розвиваються, захоплюють дедалі більшу частку в розробці й видобутку природних ресурсів, добувні компанії змушені переглядати свою роль в економічному розвитку країни, що приймає. Розглянуті механізми є лише першим кроком на шляху формування нових, ефективніших і взаємовигідніших відносин та партнерств. Основою нового корпоративного підходу є докладне розуміння пріоритетів місцевих зацікавлених осіб, зміна корпоративної стратегії й поведінки компаній у нових умовах.

Позитивні ефекти не формуються самі по собі, а тільки завдяки ринковим силам. Водночас прями й зворотні зв'язки гірничодобувної промисловості не можуть вибудовуватися без сприятливих бізнес-умов, які поєднують наявність енергетичної й транспортної інфраструктури, адекватного

людського капіталу, доступ до фінансових ресурсів, заощадження на масштабах виробництва й програми технічної підтримки. Для запуску процесу потрібні форми приватно-державного партнерства й кооперації, чималі інвестиції в підготовку кадрів, особливо на регіональному рівні, не тільки з видобутку корисних копалин, а й у сфері постачання товарів і послуг для гірничодобувної промисловості. Важливу роль у розробці й імплементації таких програм підготовки може відігравати саме приватний сектор.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрієвський І. Д. Сучасний стан і перспективи розвитку добувної промисловості України/І. Д. Андрієвський, В. В. Матюха, М. Т. Мовчан//Мінеральні ресурси України. – 2011. – № 3. – С. 8–14.
2. Козловський Е. А. Мировые рынки сырья и минерально-сырьевой комплекс СНГ в условиях глобализации//Пространство и время. – 2010. – 2 (2). – С. 140–151.
3. Кондратьев В. Б. Роль горной промышленности в экономике//Горная промышленность. – 2017. – № 1 (131). – С. 4–15.
4. Шацька З. Я. Шляхи підвищення ефективності діяльності підприємств гірничодобувної промисловості в сучасних умовах/З. Я. Шацька, Т. Д. Ганзюк//Причорноморські економічні студії. – 2016. – Вип. 10. – С. 158–161.
5. http://www.mining.com/wp-content/uploads/2015/08/WHERE_TO_INVEST_2015_08.pdf
6. <https://www.pwc.kz/en/publications/new-2017/mine-2016-rus-new-2.pdf>

REFERENCES

1. Andriievskiy I. D., Matiukha V. V., Movchan M. T. Current status and prospects of mining in Ukraine//Mineralni resursy Ukrainy. – 2011. – № 3. – P. 8–14. (In Ukrainian).
2. Kozlovskij E. A. World markets of raw materials and mineral resources of the CIS in the conditions of globalization//Prostranstvo i vremya. – 2010. – № 2 (2). – P. 140–151. (In Russian).
3. Kondratev V. B. The role of the mining industry in the economy//Gornaya promyshlennost. – 2017. – № 1 (131). – P. 4–15. (In Russian).
4. Shatska Z. Ya., Hanzjuk T. D. Ways to improve the efficiency of mining enterprises in modern conditions//Prychornomorski ekonomichni studii. – 2016. – Iss. 10. – P. 158–161. (In Ukrainian).
5. http://www.mining.com/wp-content/uploads/2015/08/WHERE_TO_INVEST_2015_08.pdf
6. <https://www.pwc.kz/en/publications/new-2017/mine-2016-rus-new-2.pdf>

Рукопис отримано 16.05.2019.



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
**МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ
УКРАЇНИ**

Коллектив журналу нагадує авторам і читачам, що триває передплата на журнал **МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ** на I півріччя 2020 р.

Передплатний індекс за Каталогом періодичних видань України –
48336

УДК 550.837

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.4.30-37>

Е. Д. КУЗЬМЕНКО, д-р геол.-мінерал. наук, професор, завідувач кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики (Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу), gbg@nung.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-1994-0970>,

Л. І. ДАВИБІДА, канд. геол. наук, доцент кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики (Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу), davybida61085@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9796-7124>,

С. М. БАГРІЙ, канд. геол. наук, доцент кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики (Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу), gbg2020@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1190-6222>,

І. В. ЧЕПУРНИЙ, канд. геол. наук, доцент кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики (Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу), igor.chepurnyi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2109-3827>

E. KUZMENKO, Prof., Dr. Sc. (Geol.-Min.), Head of the Department of Geotechnogenic Safety and Geoinformatics (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), gbg@nung.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-1994-0970>,

L. DAVYBIDA, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Geol.), Senior Lecturer of the Department of Geotechnogenic Safety and Geoinformatics (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), davybida61085@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9796-7124>,

S. BAGRIY, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Geol.), Senior Lecturer of the Department of Geotechnogenic Safety and Geoinformatics (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), gbg2020@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1190-6222>,

I. CHEPURNYI, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Geol.), Senior Lecturer of the Department of Geotechnogenic Safety and Geoinformatics (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), igor.chepurnyi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2109-3827>

АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОГЕОДИНАМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В РАЙОНІ СТЕБНИЦЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ

ANALYSIS AND MODELING OF THE HYDROGEOLOGICAL SITUATION WITHIN THE STEBNYK DEPOSIT OF POTASSIUM SALTS

Об'єктом дослідження є ділянка в межах території Стебницького родовища калійної солі, що охоплює стовбур “Західний” рудника № 1 і “Східний” рудника № 2 та зону збійки цих рудників. Дослідження мало на меті оцінити небезпеку прориву соленосних вод у гірничі виробки рудника № 1 унаслідок самозатоплення рудника № 2.

Виконано аналіз геологічних і гідрогеологічних умов території. На основі опрацювання фондів матеріалів щодо даних спостережень за рівнями підземних вод і результатів геофізичних спостережень методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) створено цифрові моделі основних геологічних та гідрогеологічних елементів, а також оцінено ймовірність перетікання підземних вод у напрямку рудника № 1.

Ключові слова: техногенний карст, підземні води, метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ), моделювання.

The purpose of the research was to determine the danger degree of saline waters breakthrough in the mine No. 1 due to the self-flooding of mine No. 2 by constructing digital models of the basic geological and hydrogeological elements, matching them with the stressed state of rocks within zones of the “Western” and “West” pit shafts and the seal of mines № 1 and № 2.

Geophysical studies were carried out by the method of the natural pulsed electromagnetic field of the Earth (ENPEMF), which makes it possible to promptly assess the stress-strain state of rocks. In addition, the geological and hydrogeological situation of the study area was simulated to solve this problem.

According to the results of the analysis of hydrogeological regime observations in the period from 2004 to 2017, long-term trends of changes in the groundwater level of the aquifer were established. Taking into account the filling of mines № 2 and drainage, the movement of groundwater from the research area towards the north – northwest is currently noted. There is a difference in groundwater levels up to 13 meters.

Based on the results of interpretation of geophysical research data on the basis of which ENPEMF intensity maps were constructed, as well as taking into account geological and hydrogeological models, it was found that no significant anomalies of the field intensity corresponding to catastrophic stress-strain state were observed at present (including through additional hydraulic pressure to testify about the danger of a breakthrough reservoir water).

Obviously, that obtained results do not raise any doubts about the further operation of mine № 1 at present. However, when the mine № 2 be completely flooded, it is advisable to check the regime hydrogeological observations of groundwater levels and the ENPEMF measurements to investigate possible changes in the stress-strain state of the rock mass.

Keywords: technogenic karst, groundwater, method of the natural pulsed electromagnetic field of the Earth (ENPEMF), modeling.

Вступ. Характеристика території дослідження. Територія Стебницького родовища калійних руд – одне з декількох місць Карпатського регіону, де сформувалися стабільні ареали загрозливого екологічного стану. Проникнення води в підземні порожнини, утворені за роки експлуатації, призводить до розмивання перегород, просідання земної поверхні й утворення провалів [2].

Ділянка досліджень розміщена в зоні бар'єрного цілика між рудниками № 1 та № 2 Стебницького родовища калійної солі (рис. 1). Її площа становить 28,8 га і охоплює шахтні стовбури “Західний” рудника № 1 і “Східний” рудника № 2 (зруйнований), солевідвали, промислові споруди. Місцевість

характеризується пагорбистим рельєфом з абсолютними позначками +300–+360 м. Для території характерні техногенні зміни рельєфу, пов'язані з порушенням геологічного середовища внаслідок добувної діяльності. Зокрема, ліквідація шахтного стовбура “Східний” зумовлена розвитком карстових процесів, зону поширення яких зображено на рис. 1.

Витікання надсолених вод у стовбур “Східний” спостерігали із часу його проходження 1962 року на глибині 102–123 м. Численні спроби ліквідації витоків позитивного результату не мали. Витік розсолів коливався в межах 5–35 м³/добу. Усього з 1962 р. у стовбур витекло понад 375 тис. м³ розсолів з мінералізацією 350–370 г/дм³ та утворилося понад 70 тис. м³ карстових порожнин. Наявність активної зони карстування безпосеред-

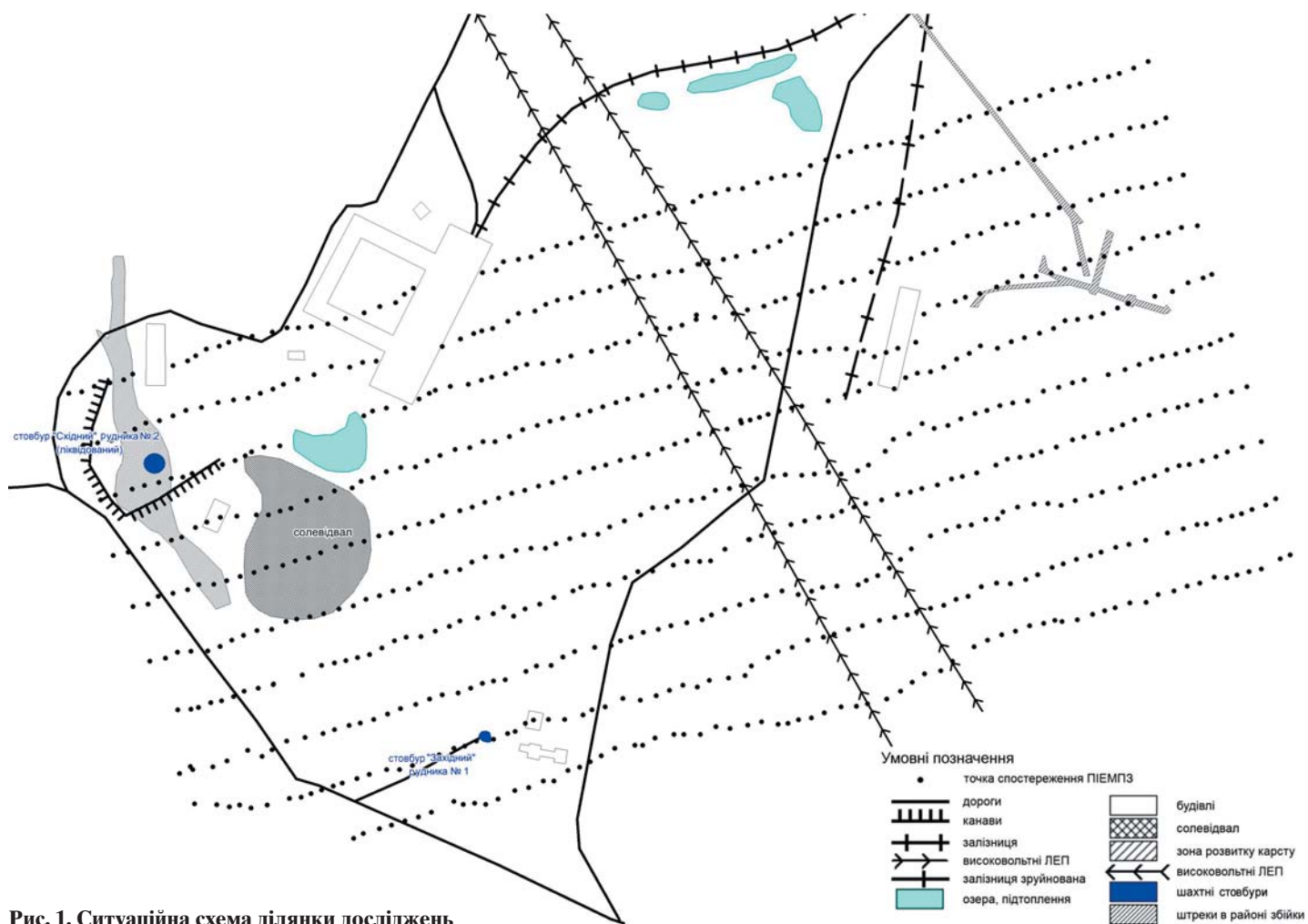


Рис. 1. Ситуаційна схема ділянки досліджень

ньо біля стовбура “Східний” підтверджується також суттєвими деформаціями земної поверхні поблизу нього.

Що стосується зони бар’єрного цілика та збійки рудників № 2 і № 1 (перемички “Західної”), то впродовж 1971–1993 рр. суттєвих змін не відбувалося. Лише в лобовині перемички спостерігали невеликий вихід розсолів через зварний шов і запірну арматуру. За період 1971–2015 рр. дебіт розсолів коливався в межах 0,5–6,0 дм³/добу з мінералізацією 350–395 г/дм³. Окреме короткочасне збільшення витікання розсолів було пов’язане з тріщинами на дренажній трубі в лобовині перемички, які ліквідували за допомогою хомутів.

Інженерно-геологічні та гідрогеологічні дослідження на території Стебницького родовища, результати яких висвітлено, зокрема, у працях [3, 4, 6, 10, 11], проводили в різні роки різні організації, за винятком спеціального гідрогеологічного вивчення всієї території родовища та його флангів загалом.

Метою цього дослідження є визначення ступеня небезпеки прориву соленосних вод у гірничі виробки рудника № 1 унаслідок самозатоплення рудника № 2 через побудову цифрових моделей основних геологічних і гідрогеологічних елементів, узгодження їх з напруженим станом гірських порід у межах стовбурів “Західний” і “Східний” та зони збійки рудників № 1 і № 2.

Геологічна будова території. Територія досліджень розміщується у Внутрішній зоні Передкарпатського прогину. Відклади, що характеризують геологічну будову території, належать до нижнього відділу неогену (міоцену). Вони представлені потужною серією відкладів – воротищенською світою (N1vr), яка утворює нижню частину нижніх молас.

Воротищенську світу розділяють на дві підсвіти – нижньоворотищенську (N1vr¹) і верхньоворотищенську (N1vr²). Їхні породи й формують геологічну будову території досліджень.

Нижньоворотищенська підсвіта (N1vr¹) утворена переважно теригенними породами: пісковиками та глинисто-піщаниковою брекчією. Солі представлені галітом і розвинені по тріщинах, які оконтурюють уламки брекчій, і меншою мірою – малопотужними прошарками галітової породи. У теригенних породах трапляються також прошарки й лінзи конгломератів потужністю до 50–60 м.

Відклади цієї підсвіти найширше розвинені в районі між Стебником і Трускавцем, оголюючись в ядрах Модрич-Уличнянської й Трускавецької антикліналей. Для підсвіти характерна перевага різного типу пісковиків, гравелітів і меншою мірою – конгломератів.

Відклади верхньоворотищенської підсвіти (N1vr²) представлені інтенсивно засоленими глинистими, піщаниково-глинистими, піщаниковими брекчіями, глинами, прошарками пісковиків, лінзами й пластами калійної і кам’яної солей. Нерідко спостерігається заміщення одних типів порід іншими. У відкладах верхньоворотищенської підсвіти залягають усі промислові поклади калійних солей. Потужність воротищенських відкладів сягає понад 1500–2000 м.

Зазначені геологічні структури перетинають територію ділянки досліджень субпаралельними смугами в північно-західному й північно-східному напрямку (рис. 2). Зокрема, варто зауважити, що середню частину ділянки перетинає зона поширення порід нижньоворотищенської світи, східну частину

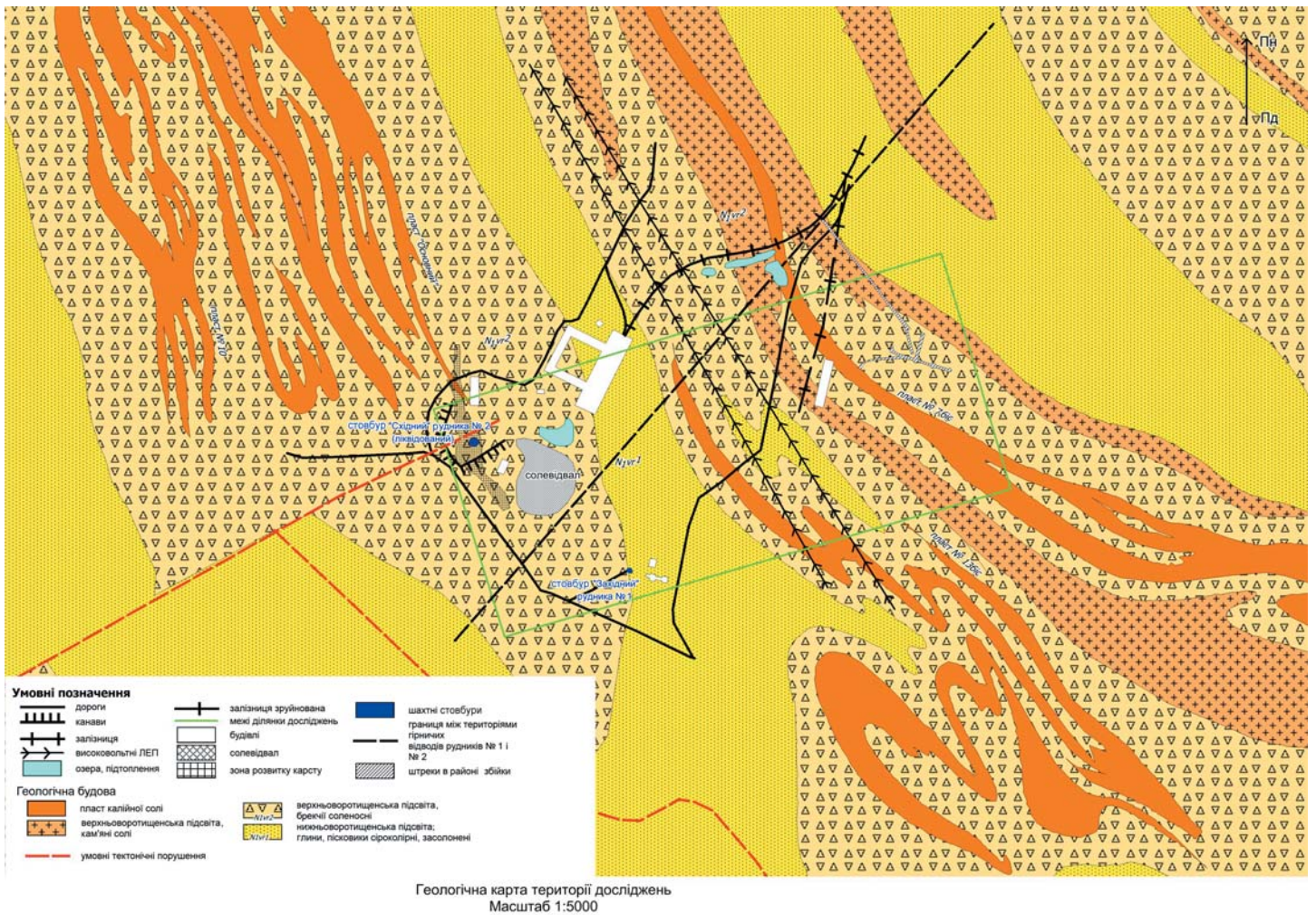


Рис. 2. Геологічна карта території досліджень

– пласти калійної (пласти № 76b1 і № 13b1) і кам'яної солей. Західна частина складена солоносними брекчіями верхньоворитищенської світи. До північно-східного флангу ділянки прилягають пласти калійних солей шахтного поля рудника № 2 (“Основний” і № 10), які розробляли камерним способом.

У західній частині розміщені найбільш техногенно порушені ділянки геологічного середовища, як-от зона розвитку карстових процесів у районі стовбура “Східний”. Тут також спостережено ймовірне тектонічне розривне порушення та край соляного пласта. Що стосується східної частини ділянки із зоною планованого “стикування” виробок рудників № 1 і № 2, то карстових процесів, відповідно до аналізованих фондових матеріалів, тут не спостережено [4].

Опис гідрогеологічних умов і створення цифрових гідрогеологічних моделей. На основі накопиченого на сьогодні фактичного матеріалу щодо досліджуваної території можна виділити обводнені четвертинні відклади, породи кори вивітрювання й водотривкі незмінні солоносні відклади.

Підземні води четвертинних утворень поширені в пролювіально-делювіальних сучасних алювіальних відкладах. Рівні підземних вод устанавлюються на глибинах 0,2–9,8 м.

Неабияку роль у процесах карстоутворення відіграють підземні води в породах кори вивітрювання, поширені на всій території Стебницького родовища. Їхній літологічний склад визначається переважно речовинним складом седиментаційних утворень, на яких залягає і з яких утворилася кора вивітрювання. Породи кори вивітрювання, що сформувалися на

відкладах солоносої товщі, називають “гіпсо-глинистою шапкою” (ГГШ). У розрізі ГГШ чітко простежується зональність. Водовміщувальні породи у верхній і середній частинах розрізу ГГШ слабводонасичені й майже непроникні. Їхні коефіцієнти фільтрації змінюються від 0,001 до 0,05 м/добу. Дуже закарстовані водовміщувальні породи нижньої частини розрізу ГГШ вирізняються тут більшою проникністю: їхні коефіцієнти фільтрації перебувають у межах 0,02–2,86 м/добу. Рівні підземних вод для порід верхньої й середньої частин розрізу встановлюються на глибинах 1,3–6,8 м від земної поверхні, а для нижньої частини розрізу – на глибинах 2,7–18,2 м.

Умови живлення й формування підземних вод у четвертинних відкладах і породах кори вивітрювання визначаються геологічною будовою території, її геоморфологічними особливостями, глибиною врізу гідрографічної сітки.

Підземні води четвертинних відкладів живляться атмосферними опадами й поверхневими водами. Зони живлення й поширення збігаються за площею. Підземний стік спрямований у сторону врізів яружно-балкової й річної сітки. Напрямок підземного стоку у верхній і середній частинах розрізу кори вивітрювання контролюється глибиною врізу та напрямком яружно-балкової й гідрографічної сітки, а також простяганням порід. Підземні води з гіпсометрично трохи підвищених ділянок перетікають у закарстовані породи, сформовані над калійними покладами, відтак підпіраються водотривкими породами й спрямовуються до долин річок. Унаслідок такого руху підземних вод збільшується поверхня соляного дзеркала.

Гідрогеологічні спостереження в районі досліджуваної ділянки й прилеглих територій здійснюються за допомогою мережі гідрогеопостів (рис. 3), пробурених на глибини водоносних горизонтів четвертинних відкладів, середньої частини ГГШ та її підшови.

Водночас опрацьовано дані вимірювань рівнів підземних вод за період січень 2004 – серпень 2017 рр. Треба зазначити, що моніторинг рівнів стосується здебільшого тільки горизонту підшови ГГШ, де відбуваються найактивніші процеси розмивання поверхні соляного дзеркала.

Для свердловин з найтривалішими безперервними спостереженнями (сверд. № 141, 143, 144, 162, 163, 168, 170, 171, 175, 176, 178) виконано автокореляційний і спектральний аналізи часових рядів мінливості рівнів підземних вод. Результати аналізу часових рядів (рис. 4) підтверджують порушений характер режиму рівнів підземних вод.

Сезонних коливань, зумовлених природними чинниками, для жодної з розглянутих свердловин не простежено. Для часових рядів характерними є багаторічні тренди різного спрямування.

Для оцінки багаторічних тенденцій зміни положення рівня підземних вод у межах ділянки робіт і визначення середньорічного рівня для 2017 р. виконано тренд-аналіз із застосуванням методу найменших квадратів. Отримані емпіричні функції представлені поліноміальними трендами 2–3 степеня, характерними для порушеного гідрогеологічного режиму, описують тенденцію зміни рівня в багаторічному плані, а також дають змогу оцінити інтенсивність цих змін і отримати прогнозні значення рівня (таблиця).

На основі проаналізованих матеріалів створено цифрову модель мінливості абсолютних позначок водоносного горизонту підшови ГГШ станом на 2017 р. (рис. 5), що дає змогу визначити основні сучасні напрямки руху підземних вод для досліджуваної території.

Створена картосхема свідчить про формування контуру депресійної лійки з південного сходу від Трускавецького лісового масиву вздовж дороги Львів-Трускавець до рудника № 2. На півночі депресійна лійка розміщена й у західному напрямку до вказаної автодороги.

Рух основного водного потоку, поповнюваного внаслідок атмосферних опадів, що інфільтруються через четвертинні відклади в алювіальні утворення ГГШ, спрямований з південного сходу (Трускавецького лісового масиву) до соленої товщі над поверхнею соляного дзеркала в зоні розміщення спостережних сверд. № 156, 155, 175, де спостерігається різке зниження рівнів водоносного горизонту підшови ГГШ (з 1,0–1,5 до 20 м). Наявність аналогічного водного потоку простежується також з північного заходу від річки Вишниця в напрямку до дороги Львів-Трускавець. Проте з огляду на обмеженість фактичних даних

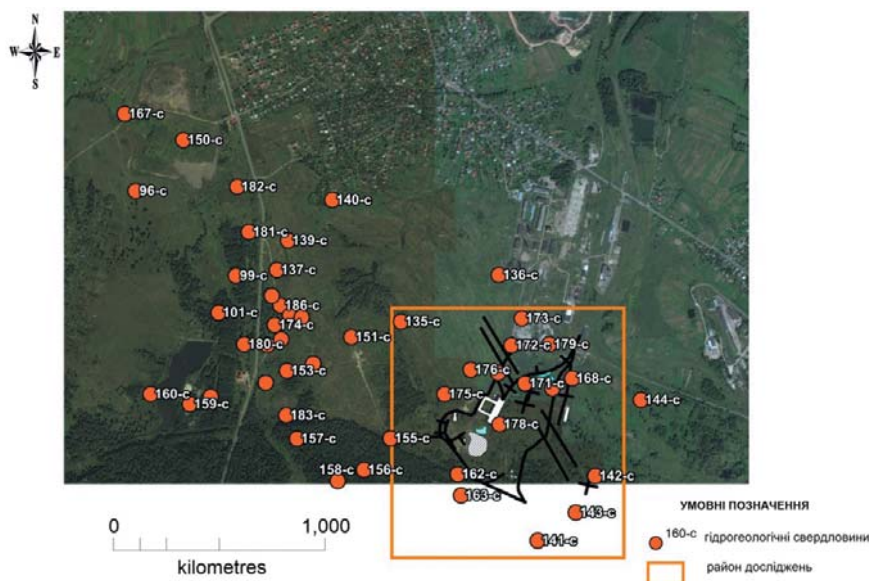


Рис. 3. Карта фактичного матеріалу (розміщення гідрогеологічних постів), суміщена з космоснімком прилеглої території та ситуаційною схемою досліджуваної ділянки

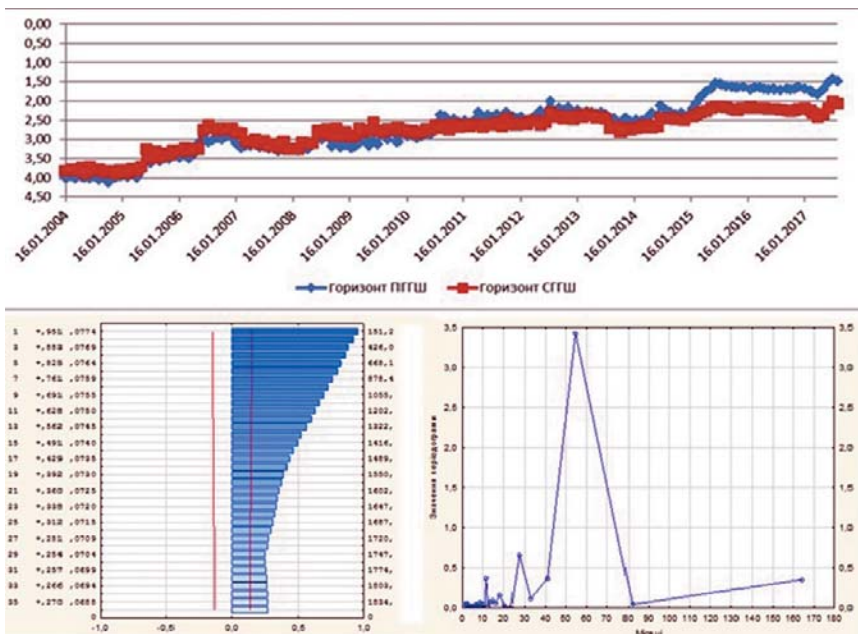


Рис. 4. Графік багаторічних коливань рівня підземних вод для горизонту ГГШ, графік автокореляційної функції та періодограма для типової сверд. № 168

спостережень і неможливість створення детальних карт гідроізогіпс, напрямком руху підземних вод є гіпотетичним.

Для оцінки змін поверхні водоносного горизонту, порівнюючи з 2004 р., створено цифрову модель величин змін (аномалій) рівня підземних вод (рис. 6).

Зіставлення глибин залягання рівнів підземних вод для 2017–2004 рр. спостережень свідчать про зміну умов формування гідрогеологічного режиму й поглиблення депресійної поверхні в північному напрямку впродовж останнього десятиліття. Для частини території (зокрема, для ділянки проведених геофізичних спостережень) характерним є підвищення рівнів, що може вказувати на формування напірних потоків і зони локального підпору – ділянки підвищених рівнів з імовірно напірним режимом з наступним розвантаженням у північному, частково північно-західному (до сверд. № 170, 175, 176) напрямках (рис. 7).

Додатково за результатами аналізу геологічних матеріалів створено цифрову картографічну модель поверхні соляного дзеркала (рис. 8).

Таблиця. Результати виявлення багаторічних тенденцій у часових рядах коливань рівня ґрунтових вод (рівень значущості $\alpha=0,05$)

Номер свердловини	Рівняння тренду	Інтенсивність тенденції зміни рівня ($\Delta H/\Delta t$), см/рік	Рівень підземних вод станом на 2017 р.	
			Глибина залягання рівня, м	Абсолютна позначка рівня, м
141	$H = -0,0039t^3 + 23,373t^2 - 47033t + 3E+07$	+1,66	1,06	319,39
143	$H = -0,0031t^3 + 18,627t^2 - 37490t + 3E+07$	-3,02	13,46	341,46
162	$H = 0,0113t^2 - 45,398t + 45699$	+5,6	6,76	329,26
163	$H = 0,002t^2 - 8,1571t + 8231,2$	+1,7	14,9	326,1
168	$H = 0,0026t^2 - 10,765t + 10994$	+16,94	4,03	316,36
170	$H = 0,0049t^2 - 19,643t + 19827$	+8,01	1,53	321,04
175	$H = 0,0213t^3 - 128,28t^2 + 258002t - 2E+08$	-32,86	9,38	316,62

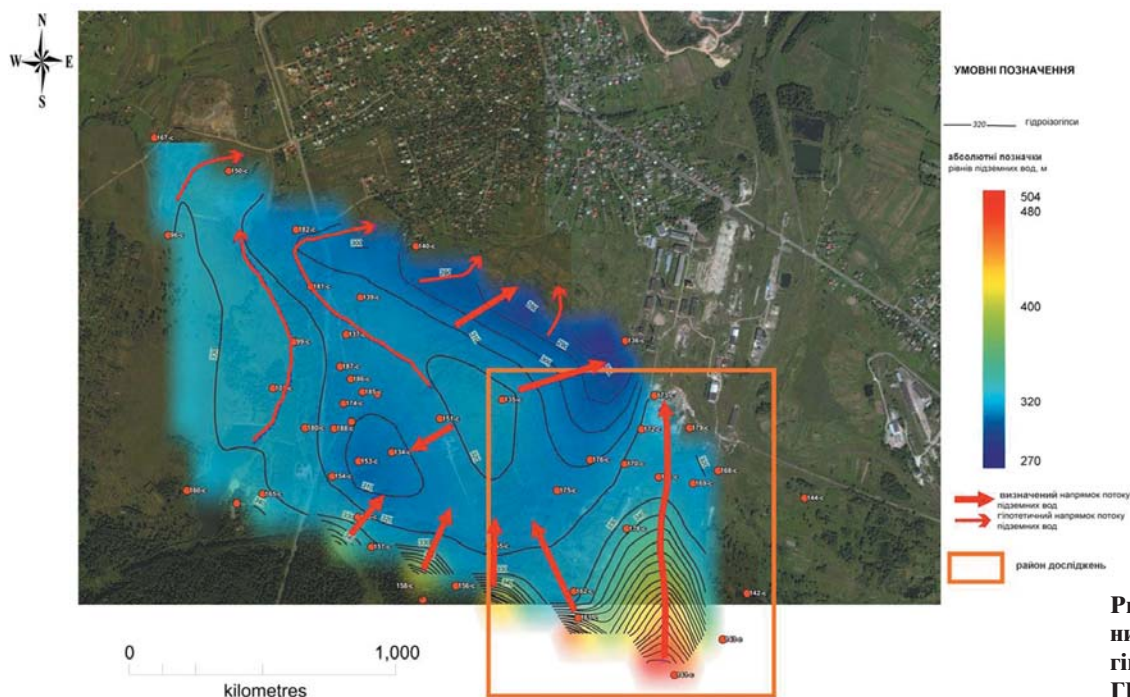


Рис. 5. Карта потоків підземних вод, суміщена з гідроізогіпсами горизонту підшови ГГШ (станом на 2017 р.)

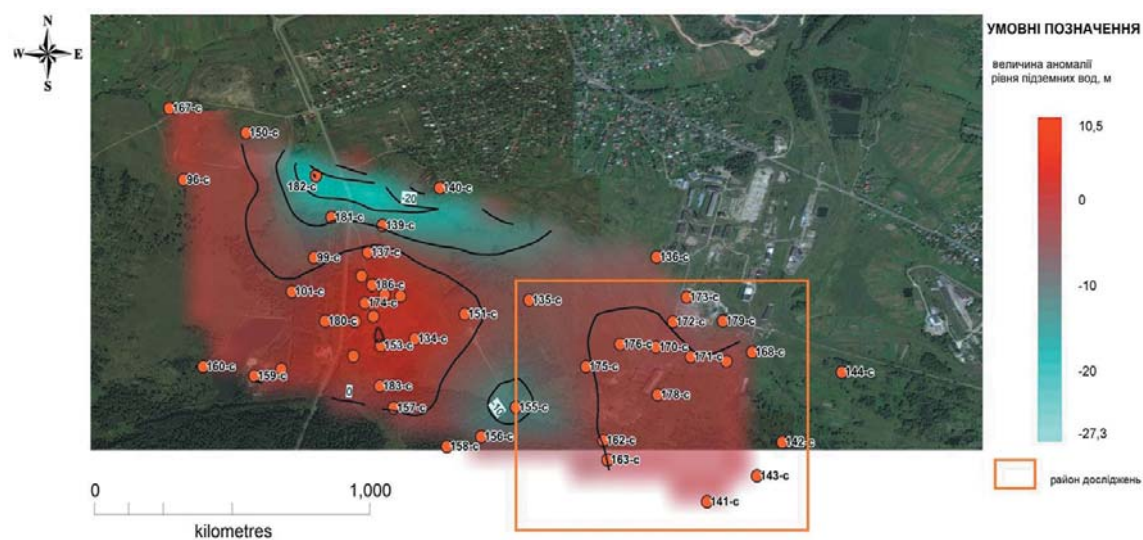


Рис. 6. Карта приростів середньорічних рівнів підземних вод горизонту підшови ГГШ у 2017 р., порівнюючи із середньорічними рівнями 2004 р.

Візуальний аналіз дає змогу стверджувати наявність тенденції до регіонального відхилення соляного дзеркала від рудника № 1 до рудника № 2 з перепадом абсолютних позначок до 45 м. Імовірно, що напірні потоки, гіпотетичні напрямки яких зображено на рис. 5, рухаються найвищими елементами соляного дзеркала, безнапірні – у напрямку зниження його поверхні.

Установлені тенденції змін рівневої поверхні водоносного горизонту й створені цифрові моделі рівнів підземних вод і поверхні соляного дзеркала, зважаючи на розміщення рудників № 1 і № 2, а також бар'єрного щілика, свідчать про низьку ймовірність перетікання підземних вод у напрямку рудника № 1, оскільки зниження позначок соляного дзеркала й розвантаження потоків підземних вод спостережено в протилежному північному напрямку.

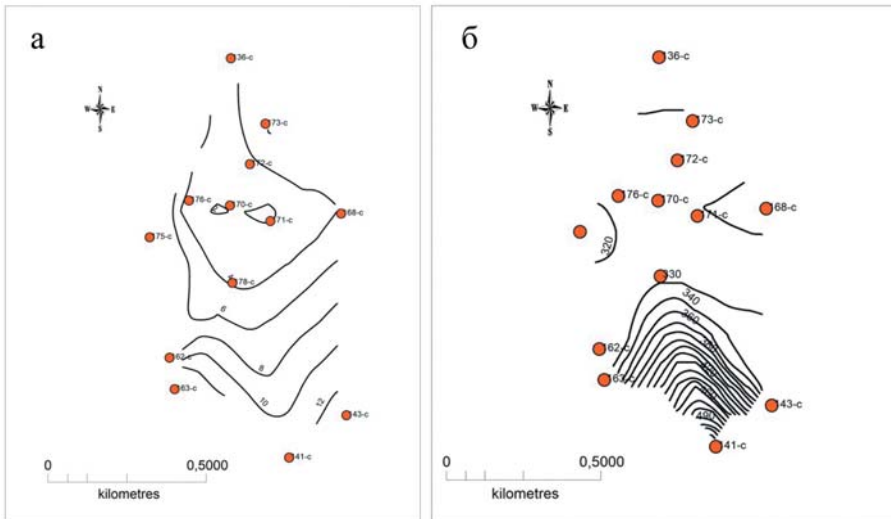


Рис. 7. Схеми глибин залягання (а) і абсолютних позначок (б) водоносного горизонту підосви ГГШ у межах досліджуваної ділянки у 2017 р.

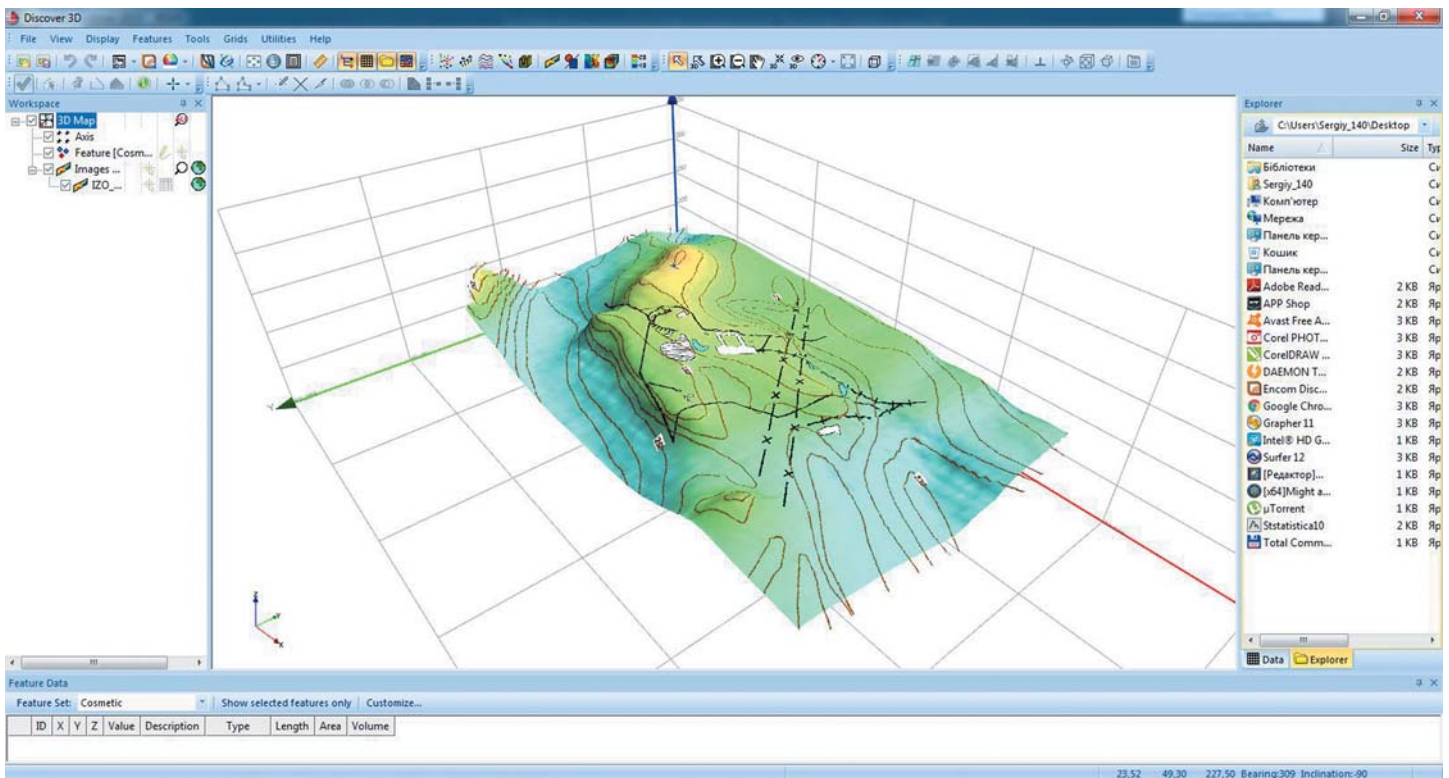


Рис. 8. 3D модель поверхні соляного дзеркала в межах ділянки дослідження

Зауважимо також, що створені моделі добре узгоджуються з результатами попередніх комплексних досліджень території Стебницького родовища [2, 3], зокрема гідрогеологічним розрізом зони водопрпливу в рудник № 2 і схемою гідродинамічної зональності, що їх пропонують автори праці [3]. Очевидно, що наявність і просторове поширення зон живлення, де відбувається інфільтрація поверхневих і ґрунтових вод, зон транзиту (напірної фільтрації в середній і нижній частинах ГГШ), зон розвантаження (вільної течії в карстових порожнинах) є чинниками, що спричинюють виникнення аномалій напруженого стану гірських порід.

Підтвердження результатів гідрогеологічного моделювання території методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ). Напружений стан гірських порід під час карстоутворення є фізичною передумовою для електромагнітного випромінювання гірських порід, пов'язаного з порушенням їхньої мікроструктури, зокрема й

унаслідок гідродинамічних процесів. Зазначене порушення проявляється в максимумах аномалій ПЕМПЗ [1, 5, 7, 8].

Методом ПЕМПЗ вимірювали напружений стан гірських порід трьома різноспрямованими антенами X, Y, Z, що зумовлено напрямком електромагнітних хвиль. Основними результативними матеріалами геофізичної зйомки є карти інтенсивності електромагнітного поля. На рис. 9 зображено найінформативнішу карту інтенсивності за антеною X, спрямованою з півдня на північ, що сприймає хвилю, яка надходить знизу вгору, а також з будь-якої сторони напівеліпса, орієнтованого навхрест простягання антени й оберненого великою піввіссю вглиб Землі. Глибинність досліджень ПЕМПЗ на частотах (2–50 кГц) становить приблизно 320–350 м. Цього досить, щоб показати в електромагнітному полі зони напруження, пов'язані із соляним карстом і підземними виробками.

Зображене на карті поле має мозаїчний характер, тобто в ньому чергуються ділянки дещо підвищених і

знижених значень інтенсивності. Виразних аномалій не зафіксовано. Різниця між максимальними й мінімальними значеннями інтенсивності становить до 5000 імп./с. Абсолютні значення поля коливаються в межах 18000–23000 імп./с. У зв'язку із цим проаналізовано розбіжність основних і контрольних вимірювань. Середньоквадратична похибка становить до ± 2500 імп./с. Відповідно до ухвалених у геофізиці правил аномалією є величина поля, що переважає середньоквадратичну похибку не менш як утричі. Отже, на території досліджень немає аномалій, які свідчили б про великий напружено-деформований стан гірських порід.

Аномалії корисного сигналу, визначені за антеною X (рис. 9), спостерігаємо насамперед у районі ліквідованого стовбура “Східний” рудника № 2. Зона підвищених значень поширюється від стовбура на відстань 50–80 м. Це свідчить про те, що деформаційні процеси навколо стовбура ще тривають, але не є значними, тому що інтенсивність поля не є великою. Відома зона карсту в районі стовбура “Східний”, що простягається з півночі на південь, пересікаючи його, перебуває в полі зміни знака на протилежний.

Інтенсивність поля також підвищується зусебіч солевідвалу, крім південно-західної сторони. Це свідчить про наявність певних динамічних деформаційних процесів, можливо, пов'язаних з вилуговуванням солі опадами з подальшою інфільтрацією розчинів у землю.

На території збійки рудників № 1 і 2, де сходяться їхні підземні виробки, фіксуємо підвищення поля за антеною X, яке відповідає збільшенню механічної напруги гірських порід, пов'язаної з наявністю штучних підземних порожнин і нерозподілом механічного тиску гірських порід. Підвищення інтенсивності поля треба вважати очікуваним, закономірним і таким, що відповідає порушенню гірського масиву штучними виробками. Якби відбувалася катастрофічна зміна напружено-деформованого стану гірських порід зі збільшенням механічного тиску в будь-якому напрямку, це б спричинило

аномально підвищені значення інтенсивності електромагнітного поля, проте такого не спостережено.

Також не спостерігаємо великої за розмірами та інтенсивністю протяжної аномалії, яка б охоплювала обидва рудники і свідчила про відбиття в породах рудника № 1 додаткового механічного тиску (зокрема й унаслідок гідрогеологічних процесів з боку рудника № 2).

Висновки. За результатами аналізу геологічних матеріалів створено цифрові картографічні моделі для основних геологічних елементів, зокрема поверхні соляного дзеркала. Візуальний аналіз дає змогу підтвердити наявність тенденції до регіонального відхилення соляного дзеркала від рудника № 1 до рудника № 2 з перепадом абсолютних позначок до 45 м.

Унаслідок аналізу даних гідрогеологічних режимних спостережень у період 2004–2017 рр. визначено багаторічні тенденції змін рівня підземних вод водоносного горизонту. З огляду на наповнення виробок рудника № 2 й відвідне дренавання на сьогодні фіксуємо рух підземних вод з ділянки досліджень у напрямку на північ – північний захід. Перепад рівнів може бути до 13 м.

За результатами геофізичних спостережень методом ПЕМПЗ нині не спостережено істотних аномалій інтенсивності поля, які б відповідали катастрофічному напружено-деформованому стану гірських порід, зокрема й унаслідок додаткового гідравлічного тиску, який свідчив би про небезпеку проривання пластових вод. Тож заперечень щодо подальшої експлуатації рудника № 1 нині немає.

Зауважимо, що в разі повного затоплення рудника № 2 доцільно провести контрольні замірювання ПЕМПЗ для дослідження можливих змін напружено-деформованого стану масиву гірських порід. Крім того, обов'язковими є режимні гідрогеологічні спостереження за рівнями підземних вод у свердловинах, які мають відповідати вимогам щодо їхнього робочого стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воробьев А. А. Физические условия залегания вещества в земных недрах. – Томск: Изд-во Томского политехн. ин-та, 1971. – Ч. 1. – 270 с.
2. Гайдін А. М. Деформації земної поверхні в зоні діяльності ка-

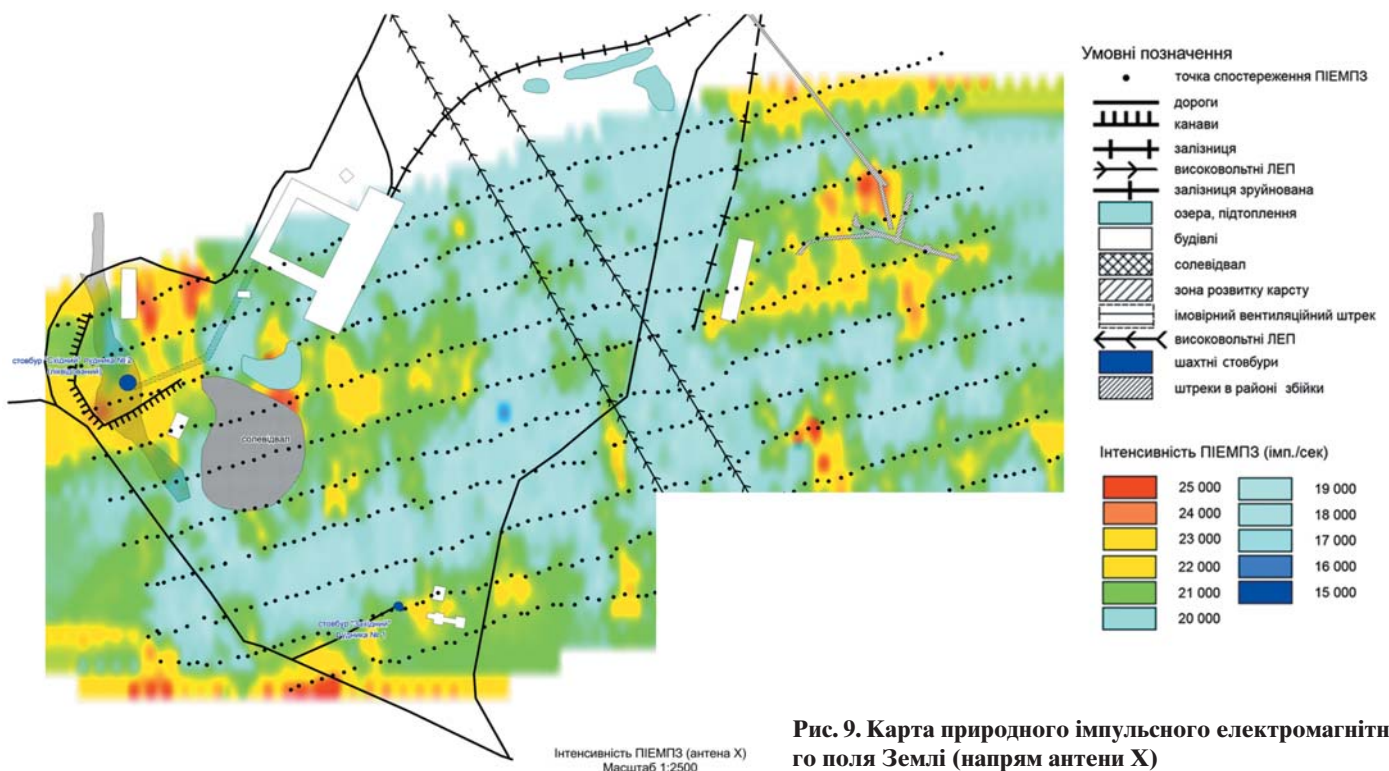


Рис. 9. Карта природного імпульсного електромагнітного поля Землі (напряв антени X)

лійних рудників у Стебнику/А. М. Гайдін, В. О. Дяків, І. В. Чікова// Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2014. – № 2. – С. 112–119.

3. *Гайдін А. М.* Техногенний карст/А. М. Гайдін, Г. І. Рудько; Держ. комісія України по запасах корисних копалин. – Київ-Чернівці: Бу-крек, 2016. – 196 с.

4. Звіт про виконання геологорозвідувальних та топографо-гео-дезичних робіт для здійснення “Моніторингових досліджень в межах гіричного відводу шахтних полів рудників № 1 і № 2 Стебницького калійного родовища та території дамб хвостосховища”/В. Ю. Мак-симчук та ін. – Карпатське відділення Інституту геофізики НАНУ, 2017. – 41 с.

5. *Ковальчук С. П.* Поставь свой дом правильно (практика геофи-зического метода ЕИЭМПЗ). – Одесса: Черноморец, 2003. – 112 с.

6. *Кузьменко Е. Д.* Оцінка небезпеки приповерхневих деформацій гірських порід у межах Стебницького калійного родовища методом ПІЕМПЗ/Е. Д. Кузьменко, С. М. Багрий, І. В. Чепурний, М. В. Штогрин// Геодинаміка. – 2017. – № 1. – С. 98–113. doi.org/10.23939/jgd201701.98

7. *Саломатин В. Н.* Методические рекомендации по изучению напряженного состояния пород методом регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ)/В. Н. Саломатин, Ш. Р. Мастов, Л. А. Зашинский. – Симферополь: КИПКС, КОСНИО, 1991. – 88 с.

8. *Чебан В. Д.* Метод природного імпульсного електромагнітно-го поля Землі. Деякі аспекти застосування/В. Д. Чебан//Геофизический журнал. – 2001. – Т. 23. – № 4. – С. 112–121.

9. Design of digital hydrogeological models for the territory of the Stebnyk deposit of potassium salt/L. Davybid, E. Kuzmenko, B. Karpinskyi, S. Bagriy, I. Chepurnyi//Proceedings of the 18th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=98556> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201902133.

10. Forecasting of subsidence of the earth's surface within the salt deposits areas of Precarpathians by a complex of geophysical and geodetic studies/E. D. Kuzmenko, T. B. Chupurna, I. V. Chepurnyi, S. M. Bagriy, L. I. Davybid and L. V. Shtogrin//Proceedings of the 17th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=93290> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201801823.

11. On the relevance of using a complex combination of NIEMFE and EM methods in forecasting rock deformation/E. D. Kuzmenko, V. Y. Maksumchuk, S. M. Bagriy, O. Y. Sapuzhak, I. V. Chepurnyi and U. O. Dzoba//Proceedings of the 17th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=93287> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201801820.

REFERENCES

1. *Vorobyov A. A.* Physical conditions of matter occurrence in the earth's interior. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo Politehnicheskogo Institutu, 1971. – Part 1. – 270 p. (In Russian).

2. *Haidin A. M.* Deformations of the earth's surface in the area of activity of potassium mines in Stebnyk/A. M. Haidin, V. O. Diakiv, I. V. Chikova//Ecolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. – 2014. – № 2. – P. 112–119. (In Ukrainian).

3. *Haidin A. M.* Technogenic karst/A. M. Haidin, H. I. Rudko. The state Commission of Ukraine on mineral resources. – Kyiv-Chernivtsi: Bukrek, 2016. – 196 p. (In Ukrainian).

4. Report on the execution of geological prospecting and topograph-ic-geodetic works for the implementation of “Monitoring studies within the mine drainage of mine fields No. 1 and No. 2 of Stebnyk potash deposit and the territory of the tailings dams”/V. Yu. Maksymchuk et al. – Karpatske viddilennia Instytutu geofizyky NANU, 2017. – 41 p. (In Ukrainian).

5. *Kovalchuk S. P.* Put your house properly (the practice of geophysical method ENPEMF). – Odessa: Chernomorec, 2003. – 112 p. (In Russian).

6. *Kuzmenko E. D.* Estimation of hazards of the surface deformations of rocks within Stebnyk potassium salt deposit area by method ENPEMF/E. D. Kuzmenko, S. M. Bagriy, I. V. Chepurnyi, M. V. Shtohryn//Heodynamika. – 2017. – № 1 (22). – P. 98–113. doi.org/10.23939/jgd201701.98. (In Ukrainian).

7. *Salomatin V. N., Mastov Sh. R., Zashhinskij L. A.* Methodical recommendations for the Study of the stress state of rock by recording of Earth's natural pulse electromagnetic field (ENPEMF). – Simferopol: KIPKS, KOSNIO, 1991. – 88 p. (In Russian).

8. *Cheban V. D.* Method of Earth's natural pulse electromagnetic field. Some aspects of the application//Geofizicheskij zhurnal. – 2001. – Vol. 23. – № 4. – 112 p. (In Ukrainian).

9. Design of digital hydrogeological models for the territory of the Stebnyk deposit of potassium salt/L. Davybid, E. Kuzmenko, B. Karpinskyi, S. Bagriy, I. Chepurnyi//Proceedings of the 18th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=98556> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201902133.

10. Forecasting of subsidence of the earth's surface within the salt deposits areas of Precarpathians by a complex of geophysical and geodetic studies/E. D. Kuzmenko, T. B. Chupurna, I. V. Chepurnyi, S. M. Bagriy, L. I. Davybid and L. V. Shtogrin//Proceedings of the 17th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=93290> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201801823.

11. On the relevance of using a complex combination of NIEMFE and EM methods in forecasting rock deformation/E. D. Kuzmenko, V. Y. Maksumchuk, S. M. Bagriy, O. Y. Sapuzhak, I. V. Chepurnyi and U. O. Dzoba//Proceedings of the 17th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=93287> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201801820.

Рукопис отримано 25.10.2019.



Редакція приймає оригінальні, раніше не опубліковані статті геологічної, геолого-мінералогічної та технічної тематики.

Статті треба надсилати в друкованому (два примірники) й електронному вигляді, бажано українською мовою.

Обсяг однієї наукової статті – до 25 стор. машинопису через 2 інтервали (разом з табл., фото, рис. та підписами до них, бібліографічним списком, анотацією), оглядовою – 6–7 стор., інформаційного повідомлення – 3–4 стор.

До рукопису потрібно додати акт експертизи й такі відомості про автора/авторів: прізвище, ім'я та по батькові (повністю); учене звання й учений ступінь; посада чи професія; місце роботи (назва установи чи організації); адреса місця роботи, номер телефону; адреса місця проживання, номер телефону, електронна адреса, ORCID.

До кожної статті обов'язково навести: індекс УДК, анотацію (українською та англійською), бібліографічний список за алфавітом (оформлений відповідно до сучасних вимог), рисунки, таблиці та підписи до них (окремі файли).

Комп'ютерні макети рисунків приймаються в разі дотримання таких умов.

Р а с т р о в а графіка: чорно-біле зображення – *.tif чи *.psd (Adobe PhotoShop); повнокольорове зображення – *.tif, *.eps, *.psd-формат, роздільна здатність 300 dpi. Кольорова модель СМΥК, чорний колір в одному каналі.

В е к т о р н а графіка: файли формату *.ai, *.eps (Adobe Illustrator) чи *.cdr (CorelDraw). Використані шрифти мають бути подані окремо або переведені в криві. Растрову графіку до векторного макета не вносити.

- Редколегія може не поділяти думок автора.

- Автори відповідають за точність викладених фактів, даних, цитат, бібліографічних довідок, написання географічних назв, власних імен, геологічних термінів тощо.

Рішення про публікацію статті в журналі приймається на основі незалежної експертизи, яку організовує редакція журналу.

УДК 553.98:552.4:551.7:551.248

 <https://doi.org/10.31996/mru.2019.4.38-44>

А. І. ХУДУЗАДЕ, д-р філософії в галузі наук про Землю, начальник геолого-геофізичного відділу виробничого об'єднання "Азнафта", SOCAR, a.xuduzade@gmail.com,

Ш. Х. АХУНДОВ, канд. геол.-мінерал. наук, провідний науковий співробітник, Науково-дослідний і проєктний інститут нафти і газу (НДПінафтогаз), SOCAR, akhundov.shahin@rambler.ru,

С. В. ШАБАНОВА, інженер, Науково-дослідний і проєктний інститут нафти і газу (НДПінафтогаз), SOCAR, favor15@mail.ru,

Т. М. ІМАМАЛІЛІ, старший лаборант, відділ експериментальної петрофізики, Інститут геології і геофізики НАН Азербайджану, imamalili101@gmail.com,

О. Ш. ІСМАЙЛОВ, геолог, геолого-геофізичний відділ виробничого об'єднання "Азнафта", SOCAR, ismayilov_o@bk.ru

А. KHUDUZADE, PhD in Earth Sciences, head of Geological and Geophysical Department, Azneft Production Union, SOCAR, a.xuduzade@gmail.com,

Sh. AKHUNDOV, candidate of geological and mineralogical sciences, leading researcher, Research Project Institute, SOCAR, akhundov.shahin@rambler.ru,

S. SHABANOVA, engineer, Research Project Institute, SOCAR, favor15@mail.ru,

T. IMAMALILI, senior laboratory assistant, Department of Experimental Petrophysics, Institute of Geology and Geophysics, NAS of Azerbaijan, imamalili101@gmail.com,

O. ISMAYLOV, geologist, Geological and Geophysical Department, Azneft Production Union, SOCAR, ismayilov_o@bk.ru

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕКТОНІЧНОЇ СИТУАЦІЇ І ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ У СЕРЕДНЬОКУРИНСЬКІЙ ЗАПАДИНІ (на прикладі Гянджинського нафтогазоносного району)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И ПРОГНОЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В СРЕДНЕКУРИНСКОЙ ВПАДИНЕ (на примере Гянджинского нефтегазоносного района)

MODELING OF THE TECTONIC POSITION AND PREDICTION OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF HYDROCARBON DEPOSITS IN THE MIDDLE KURA DEPRESSION (examples from the Ganja oil and gas-bearing region)

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Стаття продовжує цикл публікацій, присвячених прогнозуванню нафтогазоносності Середньокуринської западини.

Систематизація та аналіз великого фактичного матеріалу засвідчує, що ефективність пошуково-розвідувальних робіт на нафту й газ залежить від справедливості й правильності наукових уявлень щодо походження й закономірності локалізації вуглеводнів.

Визначені неоднорідності будови осадових басейнів і нерівномірність розміщення в них нафтогазових покладів дає змогу робити прогнозну оцінку територій з огляду на історико-геологічні методи і синтезний аналіз критеріїв оцінки перспектив нафтогазоносності. Ці методи ґрунтуються на фундаментальних дослідженнях у геології, найважливішими з яких є структурно-тектонічний аналіз і генезис нафтогазоносних структур, вивчення геолого-геохімічних чинників в імітаційній моделі "рівномірне безперервне опускання" – РІБЕО, дослідження стадійності перетворення органічних речовин у катагенетичному процесі і виділення головної зони нафтогазоутворення (ГЗН і ГЗГ), прогнозування зон колекторів і покришок, вивчення розчинених у воді органічних речовин та інших гідрогеологічних чинників, сприятливих для формування, збереження покладів нафти й газу.

Аналіз історії геологічного розвитку є першим етапом досліджень під час оцінювання перспектив нафтогазоносності регіону.

У статті на підставі результатів сейсмозвідувальних досліджень виконано палеотектонічні реконструкції для північно-західної зони Гянджинського нафтогазоносного району (НГР), які ілюструють карти сумарних потужностей, зображені у вигляді ізонахичного трикутника, палеотектонічні профілі і графіки величини прогинання.

Моделювання структурних поверхонь дало змогу визначити хід розвитку не тільки окремих структур, а й зазначити нові особливості у формуванні хроностратиграфічних поверхонь, дало змогу судити про тектонічний режим басейну осадонакопичення, обґрунтувати механізм формування в осадовому чохлі Середньокуринської западини як плікативних дислокацій, так і розривних порушень і приурочених до них зон нафтогазоакопичення.

Проведення дослідження можна розглядати як позитивний аргумент під час вибору місцезнаходження пошукової свердловини.

Ключові слова: палеорекопструкції, моделювання структурних поверхонь, ізонахичний трикутник, модель нафтоутворення, сумарний імпульс тепла (СІТ), тектонічно екрановані поклади.

The article continues the series of publications devoted to the forecast of oil and gas potential in the Middle Kura Depression.

Systematization and analysis of published materials show that the effectiveness of prospecting and exploration for oil and gas depends on the fairness and accuracy of scientific ideas about the origin and patterns of hydrocarbon localization.

The established heterogeneity of the structure of sedimentary basins and the uneven distribution of oil and gas deposits in them allows us to make a predictive assessment of territories based on historical-geological methods and a syntheses analysis of criteria for assessing the prospects of oil and gas. These methods are based on fundamental research in geology, the most important of which are structural-tectonic analysis and the genesis of oil and gas-bearing structures, the study of geological and geochemical factors in the simulation model "Uniform continuous lowering"; the study of the staged conversion of organic matter in the catagenetic pro-

cess and show the oil and gas windows, prediction of collector and overlying seal zones, study of organic substances dissolved in water and other hydrogeological factors contributing to the formation and prevent of oil and gas deposits.

Analysis of the geological history of the first stage of research, the assessment of petroleum potential of the region.

Based on the results of seismic surveys, we carried out paleotectonic reconstructions for the northwestern zone of the Ganja oil and gas-bearing region, which illustrate the maps of total thickness in the form of isopachic triangle, paleotectonic profiles and graphic of subsidence size.

Modeling of structural surfaces made it possible to establish the historical development of not only local structures, but also to notice new features in the formation of chronostratigraphic surfaces, and to judge the tectonic regime of the sedimentation basin, to justify the mechanism of formation in the sedimentary cover of the Middle Kura depression, both of plicative dislocation and faulting as well as zones of oil and gas accumulation associated with them.

The study can be considered as a positive argument when choosing the location of the prospecting well.

Keywords: paleoreconstruction, modeling of structural surfaces, isopachic triangle, oil formation model, total heat momentum, fault trap deposits.

Введение. Пространственным особенностям размещения, условиям формирования и уточнению строения выявленных залежей нефти и газа Среднекуринской впадины, в пределах которой выделяются нефтегазоносные районы (НГР) Мурадханлинский, Гянджинский и междуречье Куры и Габырры (рис. 1), посвящено большое количество разносторонних исследований, где использовался широкий набор показателей-критериев [7, 14, 10].

Однако, современное геологическое строение региона, как показано в большинстве обобщающих работ, является конечным результатом всех тектонических преобразований, которые на протяжении геологической эволюции оказали влияние на направленность процессов генерации углеводородов (УВ), формирование и переформирование их залежей [19, 1].

Цель проведенного исследования: историко-тектонический анализ, который является одним из определяющих факторов оценки перспектив нефтегазоносности региона.

Характер изменений во времени пространственного плана геологических поверхностей, изучение генезиса нефте-

носных структур, определение длительности пребывания нефтематеринских отложений в условиях, оптимальных для нефтегазообразования, позволили выделить и конкретизировать в исследуемом регионе перспективные зоны и участки, в пределах которых рекомендуется проведение поисково-разведочных работ.

Моделирование структурных поверхностей

Среди различных показателей, характеризующих нефтегазоносность, для обоснованного прогноза перспективных участков и места заложения поисковых скважин на неизученных или слабо изученных бурением площадях, ведущая роль принадлежит палеорекострукциям, которые являются основным дополнением к результатам сейсморазведочных исследований [17, 8].

Палеотектонический анализ северо-западной зоны Гянджинского НГР мы приводим в качестве примера. Обработка данных и моделирование структурных поверхностей проведены средствами программного пакета Surfer. Проведенный анализ иллюстрирует впервые изображенные в виде изопач-

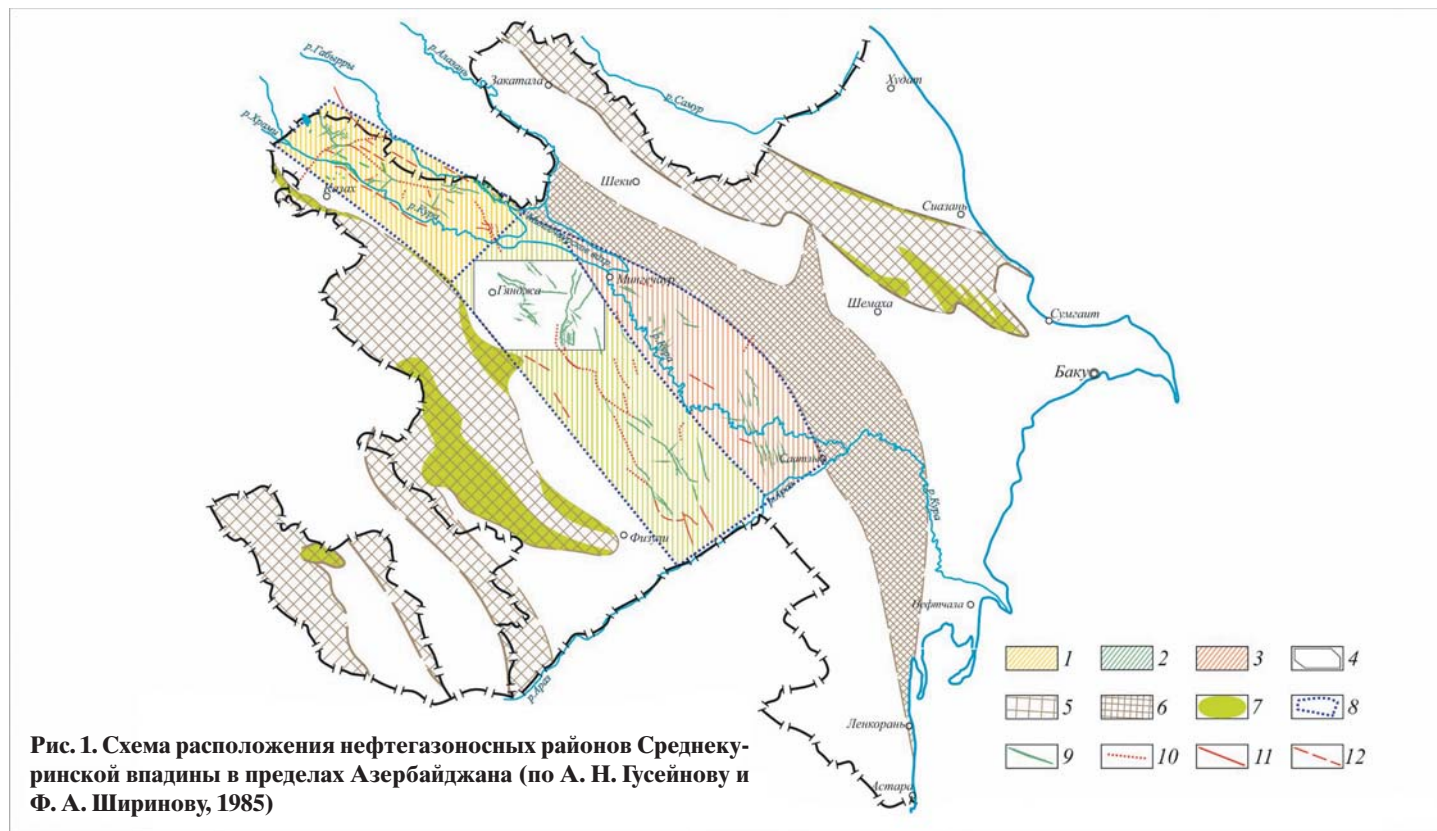


Рис. 1. Схема расположения нефтегазоносных районов Среднекуринской впадины в пределах Азербайджана (по А. Н. Гусейнову и Ф. А. Ширинову, 1985)

Условные обозначения: 1 – нефтегазоносный район (НГР) междуречья Куры и Габырры; 2 – Гянджинский нефтегазоносный район; 3 – Мурадханлинский нефтегазоносный район; 4 – северо-западная зона исследования; 5 – суша; 6 – Кюрдамир-Саатлинская зона поднятий; 7 – выходы на поверхность верхнемеловых отложений; 8 – границы НГР. Разрывные нарушения по поверхности верхнего мела Среднекуринской впадины: 9 – установленные по данным сейсморазведки; 10 – зоны сложной сейсмической информации (возможные разрывные нарушения); 11 – разрывы, установленные по данным бурения; 12 – по данным геологической съемки

хического треугольника карты суммарных мощностей [8], палеотектонические профили и графики прогибания.

Современные планы по выделенным и регионально прослеживаемым отражающим горизонтам (Нуруллаев Н. М., 1992) отмечают наиболее сложный рельеф по СГ-V (верхи верхнего мела), где отчетливо выражены мелкие локальные поднятия, примыкающие к разрывным нарушениям, которые на последующих этапах тектонического развития не находят четкого отображения в особенностях строения верхних комплексов отложений (рис. 2, 3).

Палеотектонический анализ показывает, что региональные опускания в северо-западной зоне Гянджинского НГР, характерные для конца мезозойского периода, сопровождались интенсивными дифференцированными тектоническими подвижками, в результате которых происходит формирование и развитие палеоструктурных элементов: локальных поднятий; депрессий различных конфигураций и размеров; флексур, соответствующих в современном плане, разрывным нарушениям.

На карте изопахит между СГ-V и опорным горизонтом СГ-III^a (в эоцене) выделяются (рис. 2.2):

- участок относительного подъема или перемычка, где явно выражены асимметричные Нафталанское и Гедакбозское палеоподнятия – с северо-запада ограничена флексурным изгибом слоев и расчленяет северо-запад Гянджинского НГР на западную и восточную части;

- западная часть приурочена к бортовой зоне Среднекуринской впадины, осложнена малоамплитудными флексурами, слабо выраженным палеоподнятием и палеодепрессией со сложным рельефом, продолжающей свое развитие на последующих этапах;

- восточная часть представляет собой пологое погружение поверхности верхнего мела, осложненное палеодепрессиями, между которыми к северу выделяется контролируемое флексурой палеоподнятия изометрической формы (Айриджа).

На последующих этапах развития, т. е. на картах суммарных мощностей между СГ-V и СГ-II (в низах майкопа), а также между СГ-V и СГ-I^a (размытая поверхность миоцена) поверхность верхнего мела приобретает моноклиналиное залегание (рис. 2.3, 2.4). Ведущими палеоструктурными элементами на этих этапах являются: унаследованные развивающиеся и контролируемые флексурами Айриджинское и Гедакбозское палеоподнятия (соответственно на востоке и в центральной части), а также происходит усиление прогибания восточного участка, в результате которого фиксируется северо-западный борт Бардинского палеопрогиба и палеодепрессия в западной части, рельеф которой представлен крутыми склонами.

Карты изопахит серии, заключенной между СГ-III^a и вышезалегающими опорными горизонтами СГ-II и СГ-I^a, представляют собой моноклинали, где отражается главным образом региональный юго-восточный наклон зоны (рис. 2.6, 2.7). Сохраняется режим непрерывного осадконакопления и в общем происходит захоронение ранее сформированного палеоплана. Фиксируется валоподобный участок в центральной части, в котором выделяются незначительные по размерам купола небольшой амплитуды, представленные в современном плане структурами Дуздаг, Гедакбоз и Боздаг, в западной части – котловина, примыкающая к флексуре, и на юго-востоке – палеопрогиб.

Подвижки положительного знака на западном участке, вызвавшие отступление миоценового моря, слабая актив-

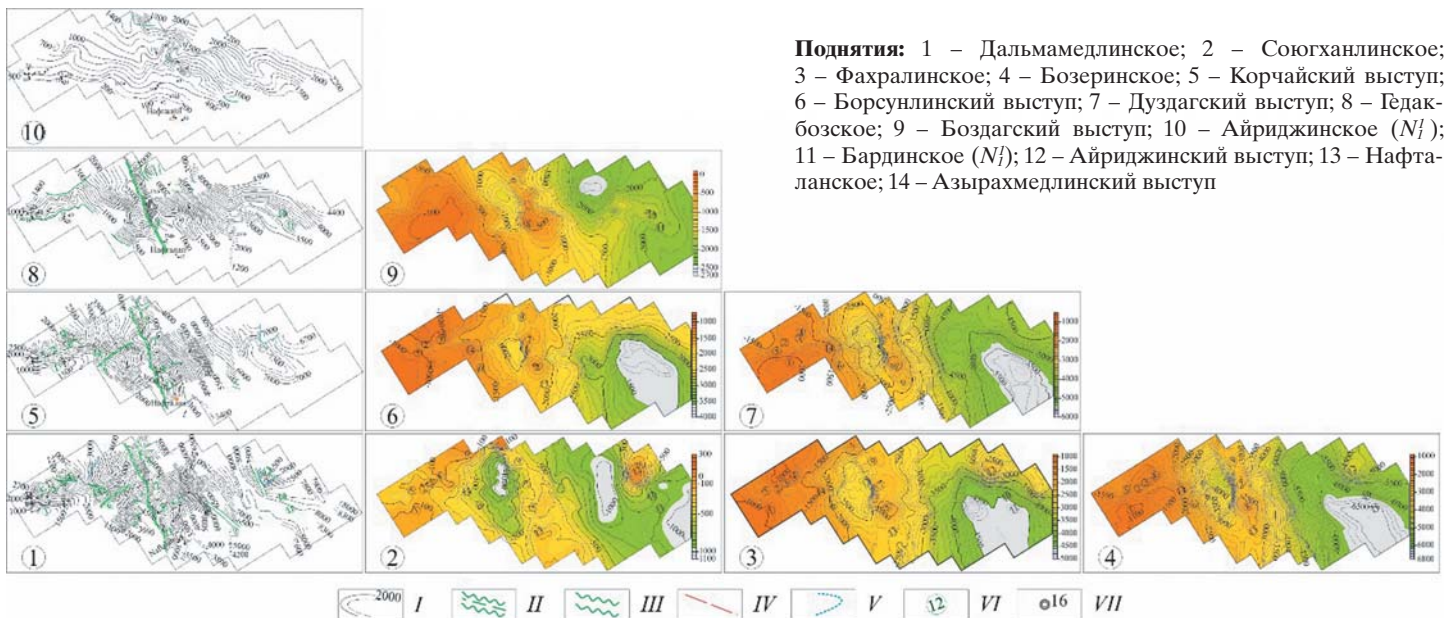


Рис. 2. Изопахический треугольник (по данным сейсморазведочных работ МОГТ на площадях Дуздаг-Евлах-Айриджа и Нафталан-Карадаглы)

Схематические структурные карты по сейсмическим горизонтам (по материалам Управления разведочной геофизики с-п № 16/90): 1 – СГ-V (верхи верхнего мела); 5 – СГ-III^a (в эоцене); 8 – СГ-II (в низах майкопа); 10 – СГ-I^a (размытая поверхность миоцена)

Условные обозначения: I – изолинии сейсмических горизонтов; II – зоны сложной сейсмической информации, связанные с возможными разрывными нарушениями; III – зоны сложной сейсмической информации, обусловленной сложностями геологического строения; IV – разрывные нарушения по данным бурения; V – примерное положение линии выклинивания СГ-IV (низы эоцена); VI – поднятия, выявленные сейсморазведкой; VII – скважины глубокого бурения

Карты изопахит, заключенные между сейсмическими горизонтами: 2 – СГ-V и СГ-III^a; 3 – СГ-V и СГ-II; 4 – СГ-V и СГ-I^a; 6 – СГ-III^a и СГ-II; 7 – СГ-III^a и СГ-I^a; 9 – СГ-II и СГ-I^a

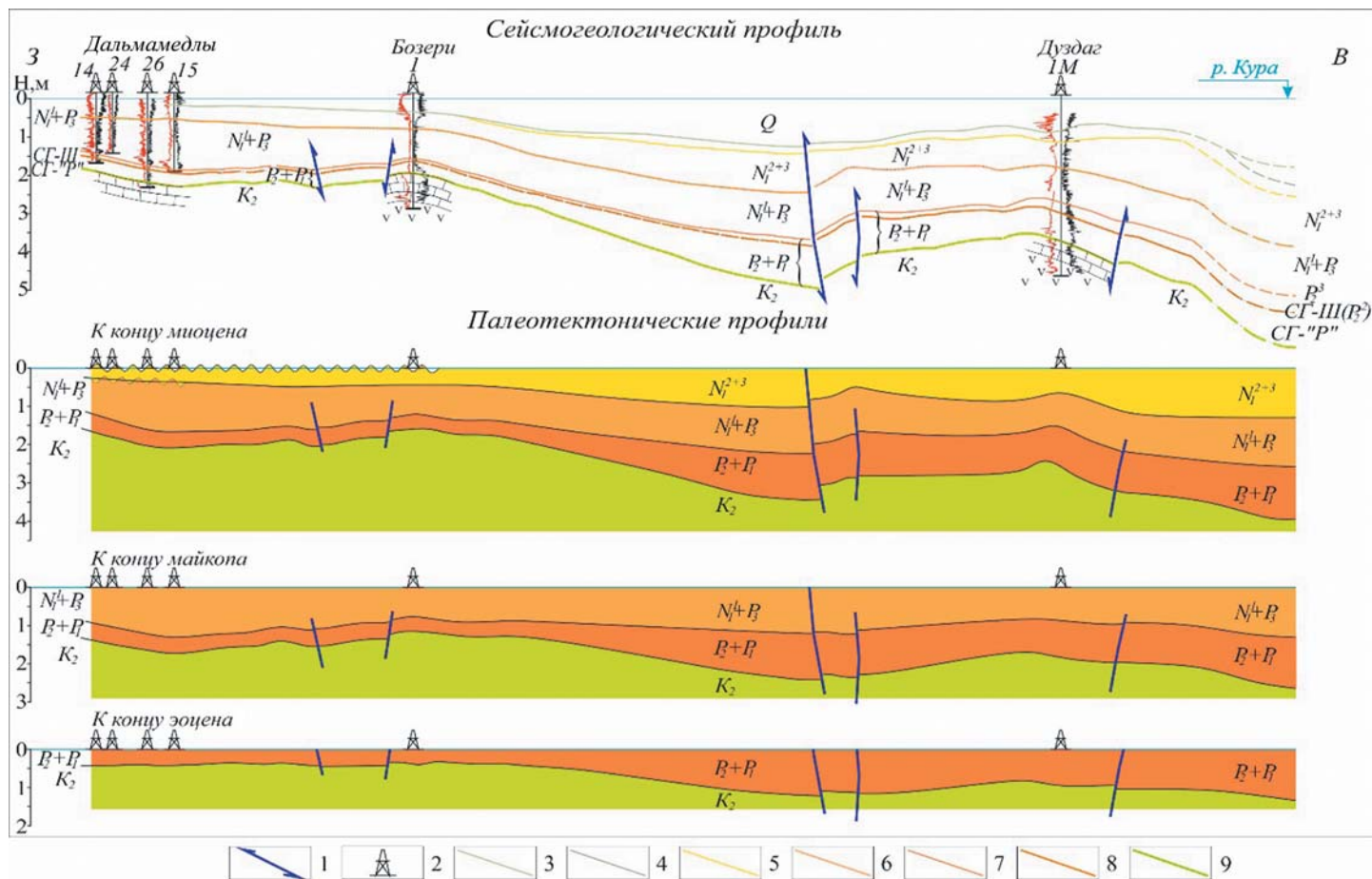


Рис. 3. Палеотектонические профили по линии Дальмамеды-Бозери-Дуздаг (по данным сейсморазведки и бурения)

Условные обозначения: 1 – разрывные нарушения по данным сейсмики; 2 – поисково-разведочные скважины; 3 – сейсмический горизонт (СГ), характеризующий размытую поверхность ачкагыльских отложений (N_2^{ak}); 4 – СГ, характеризующий размытую поверхность продуктивной толщи (N_1^{tb}); 5 – СГ, характеризующий размытую поверхность миоценового комплекса (N_1^{2+3}); 6 – СГ, характеризующий размытую поверхность майкопских отложений ($N_1^{P_3}$); 7 – размытая поверхность верхнего эоцена (P_2^3); 8 – СГ-III размытая поверхность среднего эоцена (P_2^3); 9 – СГ-“P” размытая поверхность верхнемеловых отложений (K_2)

ность структуроформирующих движений в центральной части, продолжающееся погружение и осадконакопление на востоке – отражаются на карте изопахит между СГ-II и СГ-I^a – последней пары литолого-стратиграфического комплекса – минимальными толщинами на западе и максимальной суммарной мощностью отложений на востоке (рис. 2.9, 3).

Проведенная реконструкция тектонической ситуации позволяет сделать следующие выводы:

- в процессе исторического развития участки палеодепрессий, меняя свои размеры и очертания, смещались во времени и пространстве;
- сохранившая устойчивое положение в различные периоды геологической истории флексура, отделяющая центральный участок от западного, является региональным нарушением;
- локальные поднятия, не проявляющиеся в вышележащих отложениях, генетически связаны с разрывами.

Изучение тектонического фактора

Учитывая общетеоретические представления [19, 20, 5, 6] и обобщая установленные закономерности [4, 12, 15, 3], можно обосновать механизм структуроформирующих процессов, таких как формирование пликативных дислокаций и разрывных нарушений различных порядков в осадочном чехле Среднекуринской впадины.

Современные взгляды на развитие земной коры подчеркивают, что наиболее универсальным механизмом для

складкообразовательных процессов являются горизонтальные движения. В результате сжатия земной коры и ее осадочного чехла как на платформенных, так и в орогенных областях создается складчатость [18].

Конец мезозоя в планетарном масштабе соответствует ларамийской фазе альпийского тектогенеза. Доминирующей чертой развития, определившей общую структуру поверхности верхнего мела, является усиление тектонической активности, связанное с этой фазой, непосредственно влияющей на формирование разрывов [2].

По разломам фундамента господствующие в региональном плане напряжения растяжения, передаваясь в осадочный чехол, способствовали возрождению секущих структурный этаж региональных нарушений. Напряжения сжатия, которые возникают вблизи региональных нарушений, влияют как на формирование незначительных по размерам пологих пликативных дислокаций, так и на образование локальных разрывов, сопутствующее региональным. Параллельные и ответвляющиеся локальные разрывы, которые имеют или могут иметь развитие в пределах одной геологической формации или одного горизонта, разбивают отдельные элементы структур на блоки. Кратковременное, но интенсивное проявление разрывных дислокаций отмечается на границе верхнего эоцена и олигоцен – нижнего миоцена (майкопская толща), характеризующей пиренейскую фазу складча-

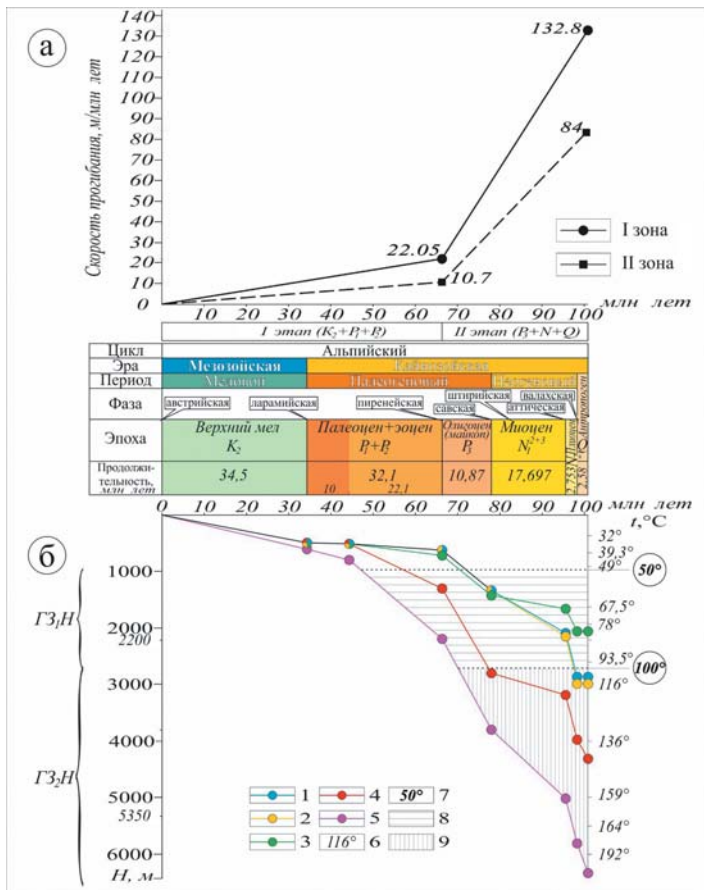


Рис. 4. Совмещение тектонических циклов с темпами прогибания
а – Средняя скорость поэтапного прогибания. I зона – площади: Мурадханлы, Зардоб, Барда, Джафалы, Шихбаги, Сеюдляр, Ширванлы, Тазакенд, Карванд; II зона – площади: Бозери, Советляр, Агджабеди, Дальмамедлы

б – Эволюция глубины залегания и прогрева отложений верхнего мела северо-западной зоны Гянджинского НГР (с учетом данных М. А. Рзаева, Р. Д. Шарифова). Площади: 1 – Фахралы; 2 – Бозери; 3 – Дальмамедлы; 4 – Дуздаг; 5 – Барда; 6 – температура по скважинам; 7 – расчетные значения палеотемпературы; 8 – вступление отложений в ГЗН, начало главной фазы нефтеобразования, граница прото- и мезокатагенеза; 9 – уровень ГЗН, где наступает максимум ГФН (середина градации катагенеза МК₂)

тости. Именно на этом этапе осадконакопления фиксируется период, завершающий как формирование региональных нарушений, так и локальных разрывов по верхам нижнего структурного этажа, к которым приурочены зоны нефтегазоаккумуляции [3].

Таким образом, основное влияние на происхождение и развитие локальных и крупных структур Среднекуриинской впадины, которое оставляет большой отпечаток на их современных морфологических чертах и способствует распределению нефтеносности, оказала дизъюнктивная тектоника.

В целом по Среднекуриинской впадине выделяются зоны с характерными геологическими особенностями (моноклинально-ступенчатое погружение на север – северо-восток, осложненное как разрывными нарушениями, так и пологими поднятиями в виде выступов и редких антиклинальных складок), которые отличаются по темпам погружения (рис. 4а). Непосредственно в самом Евлах-Агджабединском прогибе (современном) контраст в характере вертикальных движений позволяет выделить два этапа развития, что

отражается на графике средних скоростей прогибания, где, начиная с верхов мезозоя, имели место следующие фазы альпийского цикла тектогенеза – ларамийская (поздний мел-палеоцен); пиренейская (эоцен-олигоцен); савская (в конце майкопской эпохи); штирийская (в начале миоцена); аттичская (верхний миоцен – нижний плиоцен); валахская (верхний плиоцен – четвертичное время) [21]. Скорость осадконакопления первого этапа, к которому относятся отложения верхнего мела, палеоцена и эоцена, изменяется в пределах 19,6–24,5 м/млн лет в зонах: Мурадханлы-Джафалы; Зардоб-Шихбаги-Сеюдляр; Мирбашир-Ширванлы-Барда; Амирарх-Зап. Амирарх-Пираза; Тазакенд-Карванд (рис. 4а). Несколько медленные темпы погружения и накопления осадочных пород в пределах 10–11,4 м/млн лет характеризуют зоны Агджабеды-Советляр и Дальмамедлы-Бозери. Второй этап соответствует в основном олигоцен-неоген – четвертичному отрезку геологического развития и характеризуется скоростями осадконакопления в пределах от 100 до 165,6 м/млн лет. Несколько замедленными темпами погружались площади Агджабеды-Советлярской зоны – 84 м/млн лет, а в зоне юго-западного борта эти отложения уничтожены последующим размывом (восстановленные их мощности также свидетельствуют о низком темпе погружения).

Выделение зон нефтегазообразования

Сложная геологическая история региона в позднегеосинклинальной и орогенной стадиях развития оказала влияние и на процессы нефтегазообразования. Используя расчеты суммарных импульсов тепла для Евлах-Агджабединского прогиба, которые выполнили М. А. Рзаев и Р. Д. Шарифов (Рзаев М. А., Ахундов Ш. Х., 1990), мы построили серии эволюционно-динамических моделей нефтегазообразования по различным площадям Среднекуриинской впадины [11].

Сводная модель нефтегазообразования для вскрытых отложений верхнего мела северо-западной зоны Гянджинского НГР отражает условия погружения верхнемеловой поверхности по отдельным площадям в главную зону нефтеобразования (ГЗН) и представлена на рис. 4б. Кривые отмечают неодинаковые скорости прохождения и длительность пребывания в ГЗН верхнемеловых отложений. Если на площадях Фахралы, Бозери и Дуздаг верхнемеловые отложения находятся на начальном этапе главной фазы нефтеобразования (ГФН), а на площади Барда – завершения ГФН, то на площади Дальмамедлы отложения верхнего мела не вошли в ГЗН, т. е. находятся на стадии протокатагенеза. Эоцен в рассматриваемой зоне находится в аналогичной ситуации (Рзаев М. А., Ахундов Ш. Х., 1990).

Таким образом, верхнемеловые и эоценовые отложения северо-западной зоны Гянджинского НГР по палеогеотермическому прогнозируемому критерию не перспективны для промышленных скоплений УВ, образовавшихся за счет собственного продуцирования на месте.

Особенности формирования залежей УВ в эоцен-верхнемеловых отложениях Евлах-Агджабединского прогиба можно объяснить миграцией флюидов из более высокотемпературных зон по тектоническим нарушениям в трещиновато-пористо-кавернозные коллекторы, имеющие, как правило, причудливые контуры распространения в пространстве.

Рекомендации на проведение поисково-разведочных работ. В пределах рассматриваемой зоны Гянджинского НГР к настоящему времени промышленная нефтегазоносность



Рис. 5. Гянджинский нефтегазоносный район (северо-западная зона). Схематические структурные карты:

а) по кровле нижеэоценовых отложений площади Дальмамедлы; б) по кровле нижеэоценовых отложений площади Газанбулаг-Борсунлы; в) по кровле V горизонта площади Нафталан (по данным Б. К. Бабазаде, А. А. Али-заде, В. Ю. Керимова)

установлена в палеогеновых отложениях (низы майкопа, эоцен) на площадях: Дальмамедлы, Аджидере, Казанбулаг, Нафталан, Борсунлы, где продольные и поперечные разрывы осложняют выявленные залежи (рис. 5). В единичных скважинах, пробуренных на площадях Дальмамедлы, Казанбулаг и Борсунлы, были отмечены нефте- и газопроявления из нижележащих отложений (палеоцен, верхний мел) [14, 10].

Приведенный краткий обзор указывает на благоприятные условия формирования и перспективы поисков различных типов сложно экранированных (неантиклинальных) ловушек. Теоретическое обоснование и вопросы методики поисков и разведки неантиклинальных залежей достаточно подробно рассмотрены в монографии В. Ю. Керимова [9], где основное внимание уделяется литологическим и стратиграфическим ловушкам. Однако анализ материалов по изученным бурением площадям Среднекуринской впадины показал, что в подавляющем большинстве случаев, выявленные залежи УВ контролируются различного типа нарушениями в сочетании с литологическим и стратиграфическим факторами [3].

Перспективы по мезозойским и эоценовым отложениям связаны с палеоподнятиями, нарушенными крупными и мелкими дизъюнктивными дислокациями, т. к. в пределах таких палеоподнятий, как утвердившаяся закономерность, расположены зоны повышенной пористости и максимальных эффективных мощностей [22]. Учитывая приуроченность залежей в основном к низам разреза, поиски в майкопской толще целесообразно осуществлять попутно при проектировании на эоцен или меловые отложения.

Исходя из конкретных геологических условий и общих закономерностей строения сложно построенных залежей УВ в Куринской впадине, в рассматриваемой зоне рекомендуется заложение двух глубоких поисковых скважин с целью вскрытия и уточнения стратиграфического положения отражающих горизонтов, изучения нефтеносности верхнего мела и низов палеогеновых отложений (майкопских и эоценовых): 1) на Айриджинском выступе в зоне выклинивания СГ-III^a с проектной глубиной 6500 м; 2) к юго-востоку от скв. 1М на площади Борсунлы с про-

ектной глубиной 6000 м, расположенной вблизи регионального нарушения.

В заключение необходимо подчеркнуть, что проведение дополнительного комплекса исследований (сейсморазведочные работы МОГТ-3D отдельных площадей, зон, районов; использование системы “Basin Modeling”) позволит детализировать роль разрывных нарушений и конкретизировать местоположение ловушек разнородных экранов; восстановить термическую историю бассейна, определить изменения степени катагенеза ОВ и др.

Выводы

Реконструкция тектонической ситуации позволяет сделать следующие выводы:

- дизъюнктивная тектоника имеет широкое распространение, неравномерное по стратиграфическому разрезу, протяженности и глубине проникновения, непосредственно влияет на формирование структур в верхнемеловых и эоценовых отложениях и на палеоструктурных картах фиксируется сгущением изопахит;
- неравномерная скорость прогибания и осадконакопления на отдельных участках в пределах одной и той же геотектонической области, в частности северо-западной зоне Гянджинского НГР, создали разные палеогеотермические условия, что подчеркивает невысокий генерационный потенциал вскрытых отложений верхнего мела и эоцена, т. е. породы, залегающие выше глубины 3500 м, соответствуют зоне протокатагенеза, в которой нефтегазообразование протекает малоинтенсивно, а на глубинах более 3500 м – соответствует зоне мезокатагенеза, т. е. главной зоне нефтеобразования;
- дальнейшие перспективы нефтегазоносности региона следует связывать со сложно построенными (тектонически экранированными) ловушками на склонах депрессий и с глубокозалегающими отложениями олигоцен-миоцена (низы майкопа), эоцена (средний) и мезозоя (верхнего и нижнего мела).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Аждар. Внутренние впадины Азербайджана и оценка их перспектив нефтегазоносности. – Баку: Nafta-Press, 2003. – 319 с.

2. Ахмедбейли Ф. С., Исмаил-заде А. Д., Кенгерли Т. Н. Геодинамика Восточного Кавказа в Альпийском тектоно-магматическом цикле (Азербайджан)//Труды Ин-та геологии НАН Азербайджана. – Баку: Nafta-Press, 2002, – № 30. – С. 36–47.
3. Ахундов Ш. Х. Перспективы поисков сложнопостроенных залежей углеводородов (УВ) в Куринской впадине//Научные труды Научного исследовательского проектного института “Нефтегаз” – 2011. – № 3. – С. 20–23.
4. Бабазаде Б. К. Классификация залежей и месторождений нефти и газа Азербайджана и рациональная методика их разведки. – Москва: Изд-во “Недра”, 1964. – 304 с.
5. Высокый И. В. Формирование нефтяных месторождений в складчатых областях. – М.: Недра, 1971. – 392 с.
6. Гаврилов В. П. Влияние разломов на формирование зон нефтегазоаккумуляции. – Москва: Недра, 1975. – 272 с.
7. Гаджизаде Ф. М. Геологическое строение и нефтегазоносность Среднекуринской впадины Азербайджана (на азерб. языке). – Баку: Адилоглы, 2003. – 380 с.
8. Кабышев Б. П. Палеотектонические исследования и нефтегазоносность в авлакогенных областях. – Ленинград: Изд-во “Недра”, 1987. – 191 с.
9. Керимов В. Ю. Поиски и разведка залежей нефти и газа в стратиграфических и литологических ловушках. – М.: Недра, 1987. – 207 с.
10. Кочарли Ш. С. Проблемные вопросы нефтегазовой геологии Азербайджана. – Баку: Изд-во “Ганун”, 2015. – 280 с.
11. Лопатин Н. В. Образование горючих ископаемых. – М.: Недра, 1983. – 191 с.
12. Мамедов А. В. Геологическое строение Среднекуринской впадины. – Баку: Изд-во “Элм”, 1973. – 194 с.
13. Машикович К. А. Методы палеотектонических исследований в практике поисков нефти и газа. – М.: Изд-во “Недра”, 1970. – 152 с.
14. Рахманов Р. Р. Закономерности формирования и размещения залежей нефти и газа в мезокайнозойских отложениях Евлах-Агдабединского прогиба. – Баку: Текнур, 2007. – 192 с.
15. Рзаев М. А., Мустафаев Ш. А. Историко-геологические методы прогнозирования перспектив нефтегазоносности локальных ловушек//Сб. научн. тр. Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений Азербайджана. – АЗНИПИнефть, 1988. – С. 36–43.
16. Рустамов Р. И., Ахундов Ш. Х., Рустамова Х. Р. Геотермическое поле глубокозалегающих комплексов отложений Куринской впадины//Научно-технический вестник: Каротажник. – Тверь, 2013. – № 7 (229). – С. 57–63.
17. Сейфуль-Мулюков Р. Б. Палеотектонические факторы нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции. – Москва: Изд-во “Наука”, 1983. – 272 с.
18. Сорохтин О. Г., Ушаков С. А. Развитие Земли: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 560 с.
19. Хаин В. Е. Региональная тектоника. Основы геотектоники. – М.: Недра, 1971. – 548 с.
20. Янишин А. Л., Гирецкий Р. Г. Методы изучения тектонических структур. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – Вып. 1.
21. International chronostratigraphic chart. – 2017/02 www.stratigraphy.org.
22. Rustamov R. I., Akhundov Sh. Kh. Concerning Potential Discovery of Hydrocarbons Entrapped in Low-Permeable Eocene Reservoirs, Mid Kur River Trough, Azerbaijan//Azerbaijan Oil Industry. – 2009. – № 1. – С. 38–41.

REFERENCES

1. Aliev Azhdar. The internal depressions of Azerbaijan and the assessment of their prospects for oil and gas. – Baku: Nafta-Press, 2003. – 319 p. (In Russian).
2. Ahmedbeyli F. S., Ismail-zade A. D., Kengerli T. N. Geodynamics of the East Caucasus in the Alpine tectonic-magmatic cycle (Azerbaijan)//Trudy In-ta geologii NAN Azerbajdzhana. – Baku: Nafta-Press, 2002. – № 30. – С. 36–47. (In Russian).
3. Akhundov Sh. H. Prospects for the search for complex hydrocarbon deposits (HC) in the Kurinsky Depression//Nauchnye trudy Nauchnogo issledovatel'skogo proektnogo instituta “Neftegaz.” – 2011. – № 3. – P. 20–23. (In Russian).
4. Babazade B. K. Classification of deposits and oil and gas fields of Azerbaijan and rational methods for their exploration. – Moskva: Nedra, 1964. – 304 p. (In Russian).

5. Vysockij I. V. Formation of oil fields in folded areas. – Moskva: Nedra, 1971. – 392 p. (In Russian).
6. Gavrilov V. P. The effect of faults on the formation of oil and gas accumulation zones. – Moskva: Nedra, 1975. – 272 p. (In Russian).
7. Hajizadeh F. M. Geological structure and oil and gas potential of the Srednekurinsky depression of Azerbaijan. – Baku: Adilogly, 2003. – 380 p. (In Azerbaijan).
8. Kabyshev B. P. Paleotectonic studies and oil and gas potential in aulacogenic areas. – Leningrad: Nedra, 1987. – 191 p. (In Russian).
9. Kerimov V. Yu. Searches and exploration of oil and gas deposits in stratigraphic and lithological traps. – Moskva: Nedra, 1987. – 207 p. (In Russian).
10. Kocharli Sh. S. Problematic issues of oil and gas geology of Azerbaijan. – Baku: Ganun, 2015. – 280 p. (In Russian).
11. Lopatin N. V. The formation of fossil fuels. – Moskva: Nedra, 1983. – 191 p. (In Russian).
12. Mamedov A. V. Geological structure of the Srednekurinsky depression. – Baku: “Jelm”, 1973. – 194 p. (In Russian).
13. Mashkovich K. A. Methods of paleotectonic studies in the practice of oil and gas exploration. – Moskva: Izd-vo “Nedra”, 1970. – 152 p. (In Russian).
14. Rahmanov R. R. Patterns of formation and distribution of oil and gas deposits in the Mesozoic Cenozoic deposits of the Yevlakh-Agjabadi deflection. – Baku: Teknur, 2007. – 192 p. (In Russian).
15. Rzaev M. A., Mustafaev Sh. A. Historical and geological methods for predicting the prospects of oil and gas potential of local traps//Sb. nauchn. tr. Geologija i razrabotka nefjnyh i gazovyh mestorozhdenij Azerbajdzhana. – AzNIPIneft, 1988. – P. 36–43. (In Russian).
16. Rustamov R. I., Akhundov Sh. H., Rustamova H. R. Geothermal field of deep-seated complexes of deposits of the Kurinsky Depression//Nauchno-tehnicheskij vestnik. Karotazhnik. – Tver, 2013. – № 7 (229). – P. 57–63. (In Russian).
17. Seifull-Muljukov R. B. Paleotectonic factors of oil and gas formation and oil and gas accumulation. – Moskva: Izd-vo “Nauka”, 1983. – 272 p. (In Russian).
18. Sorohtin O. G., Ushakov S. A. Earth Development: A Textbook. – Moskva: Izd-vo MGU, 2002. – 560 p. (In Russian).
19. Hain V. E. Regional tectonics. Fundamentals of geotectonics. – Moskva: Nedra, 1971. – 548 p. (In Russian).
20. Yanshin A. L., Gareckij R. G. Methods of studying tectonic structures. – Moskva: Izd-vo AN SSSR, 1960. – Iss. 1.
21. International chronostratigraphic chart. – 2017/02 www.stratigraphy.org.
22. Rustamov R. I., Akhundov Sh. Kh. Concerning Potential Discovery of Hydrocarbons Entrapped in Low-Permeable Eocene Reservoirs, Mid Kur River Trough, Azerbaijan//Azerbaijan Oil Industry. – 2009. – № 1. – P. 38–41.

Рукопис отримано 6.05.2019.



УДК 004.6:652+55

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.4.45-49>

О. В. ЗУР'ЯН, д-р філософії в галузі економіки, заступник директора з виробництва, економіки і загальних питань (Український державний геологорозвідувальний інститут), Київ, olegzurian@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8786-807X>,

О. О. ЛІХОШЕРСТОВ, завідувач відділу (Український державний геологорозвідувальний інститут), sgut@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5074-2243>

O. ZURIAN, Doctor of Philosophy in Economics, Deputy Director for Production, Economics and General Issues (Ukrainian State Geological Research Institute), Kyiv, olegzurian@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8786-807X>,

O. LIKHOSHERSTOV, Head of the Department (Ukrainian State Geological Research Institute), sgut@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5074-2243>

АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ СХОВИЩА ДАНИХ (DATA WAREHOUSE) ПЕРВИННОЇ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

THE DATA WAREHOUSE FOR PRIMARY GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA: AN ASPECT OF CREATION

Геологічна галузь України загалом є достатньо консервативною. Проте вагомий поступ світової наукової думки й удосконалення технологій видобутку корисних копалин потребує переосмислення первинної геологічної інформації (ПГІ). За часів Радянського Союзу в період інтенсивного розвитку геологорозвідувальних робіт (ГРР) створено й накопичено великі обсяги ПГІ. Переінтерпретація та переосмислення цієї інформації за допомогою новітніх методик, підходів і технологій є важливим завданням. Крім того, і досі актуальна проблема збереження ПГІ, велика кількість якої акумульована на паперових носіях.

Єдиний спосіб полегшити обіг ПГІ й забезпечити її належне збереження – створити централізоване цифрове сховище даних із застосуванням новітніх інформаційних технологій їхнього зберігання, оброблення та аналізу. Такі заходи сприятимуть швидкому пошуку й аналізу ПГІ, полегшать планування ГРР і набагато підвищать загальну ефективність робіт, включно з економічною.

У статті окреслено аспекти створення сховища даних ПГІ. Висвітлено інфраструктуру, архітектуру та етапність цього процесу. Визначено технологічні підходи, послідовність виконання робіт. Розглянуто сучасні технології, зокрема пов'язані з “великими даними” (англ. big data), на які мають орієнтуватися виконавці робіт. Первинна геологічна інформація є частково структурованою або неструктурованою, а її обсяги постійно зростають з великою швидкістю. Запровадження сучасних технологій, пов'язаних з “великими даними”, дасть змогу створити гнучкі потужні системи, що мають забезпечити горизонтальне масштабування за обчислювальною потужністю і розміром сховища, проводити оперативне первинне оброблення та аналіз даних, потрібних користувачеві.

Ключові слова: сховище даних, первинна геологічна інформація, моделі баз даних, великі дані.

The geological industry of Ukraine as a whole is sufficiently conservative. However, the development of world scientific thought and the improvement of the mineral extraction technologies require a rethinking of primary geological data (PGD). During the Soviet times, there was a rapid development of geological prospecting activities with creation and accumulation of PGD's large volumes. Reinterpretation and rethinking of this information using the latest techniques, approaches and technologies is an important issue. An important aspect is to save this information, because large number of PGD remains on paper. The only way to facilitate the circulation of PGD and ensure their proper storage is to create a centralized digital data warehouse using the latest information technologies for storing, processing and analyzing data. Such actions should ensure the rapid retrieval and analysis of PGD, facilitate the planning of geological prospect and ensure overall performance, including economic efficiency.

The article discusses aspects of data warehouse creating for primary geological and geophysical data. The infrastructure, architecture and creating stages of the data warehouse for primary geological data are highlighted. The authors are examined the technological approaches, stages of work on the data warehouse creation. Modern technologies, including technologies associated with Big Data, are considered as those that should be oriented to performers of work. Primary geological data is partially structured or unstructured, and its volumes are constantly growing with high speed. The introduction of modern Big Data technologies will allow creating flexible powerful systems that must ensure horizontal scaling of the system in terms of computing power and storage size, and carry out operational primary processing and analysis of the data, that the user needs.

Keywords: data warehouse, primary geological data, database models, big data.

Вступ

Сучасний стан розвитку інформаційних технологій і впровадження їх на рівні галузей потребує зміни підходів до створення архівів ПГІ.

Забезпечити швидкий обіг інформації можна в один безсумнівний спосіб – оцифрувати стару ПГІ через сканування та її векторизацію (за потреби). Такі завдання вже давно вирішують геологічні служби світу, витрачаючи на це чималі кошти. Для того, щоб швидко знаходити цифрову інформацію та вільно оперувати нею, створюють цифрові сховища даних, невіддільною частиною яких є систематизовані цифрові архіви й детальні бази метаданих до них.

Однак можна стверджувати, що кількість геологічної інформації, зважаючи на вже накопичену, яку доведеться оцифрувати, зростає з великою швидкістю. Її оброблен-

ня, інтерпретація та осмислення потребуватиме все більше й більше часу фахівців, сповільнюватиме й знижуватиме ефективність їхньої роботи. Світові вчені стверджують, що людство вступило в еру “великих даних”. Геологія, попри консервативність, не є винятком з огляду на загальну тенденцію розвитку технологій і наукової думки [4–6, 9].

Узагальнення концепції створення цифрових сховищ даних ПГІ

Відповідно до нормативних документів, має бути створене сховище ПГІ і керованого матеріалу (КМ). Ті самі документи передбачають створення каталогу ПГІ, функціонування якого дає змогу визначити наявність ПГІ, запровадити систему її інвентаризації та отримати до неї доступ на фізичному рівні. Ці процеси є першочерговими заходами, що формують архітектуру системи сховища даних першого рівня, створення якого не потребує великих капіталовкладень і витрат часу.

Будь-яка ПГІ має просторове прив'язування до території або об'єкта дослідження, тому вже в системах першого рівня його потрібно передбачати.

Для отримання доступу до ПГІ широкого кола наукових і ненаукових працівників потрібно створювати системи наступних рівнів, які згідно з нормативними документами є вже системами вторинної геологічної інформації.

Системи сховища даних другого рівня – це системи зі створення цифрового каталогу ПГІ. Вони поєднують оцифрування й первинну систематизацію ПГІ зі створенням супроводжувальних інвентаризаційних таблиць метаданих до цифрових образів (як растрових, так і векторних). Це дасть змогу попередньо систематизувати ПГІ, створити її електронні каталоги. Системи другого рівня вже уможливають оперативні пошуки інформації, що цікавить користувача, у напівавтоматичному режимі й будуть фундаментом для систем наступних рівнів. Створення такої системи вже потребує витрат часу, капіталовкладень і залучення чималої кількості фахівців і технічного персоналу.

Системами сховища даних третього рівня є бази даних і бази метаданих з елементами геоінформаційних технологій (ГІС-технологій). Така концепція є безумовною, оскільки ПГІ має просторове прив'язування до території дослідження. За всіма ознаками такі бази даних і метаданих мають ієрархічно-реляційну структуру й дають змогу безпомилково знайти всю ПГІ району досліджень, що цікавить користувача сховища даних.

Системами сховища даних четвертого рівня є сучасні інтелектуальні системи пошуку, попереднього узагальнення й аналізу ПГІ на основі концепції, пов'язаної з “великими даними” [3, 7, 8, 10, 11]. За допомогою технологій Apache Hadoop та Apache Spark розв'язують головну проблематику – горизонтальне масштабування системи як за розміром даних, так і за обчислювальними можливостями. Це досить актуально, оскільки заздалегідь неможливо точно (тільки умовно наближено) передбачити ні розмірів цифрового сховища даних, ні швидкості накопичення ПГІ в цифровому вигляді, ні потрібної потужності обчислювальної системи. Водночас системи орієнтовані на розподілене оброблення неструктурованих або слабкоструктурованих даних, мають можливість залучення хмарових технологій. Безсумнівно перевагою є те, що це програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом (тобто безоплатне або умовно безоплатне). Запровадження систем четвертого рівня і їхній архітектурний розвиток надасть у майбутньому можливість неабияк скоротити час щонайменше для попереднього оброблення та аналізу ПГІ (наприклад, статистичне оброблення даних, візуалізація аналітичних даних, просторовий аналіз даних і та ін.), що набагато підвищить ефективність ГРР і швидкість оброблення інформації загалом.

Організація архітектури систем третього рівня

Створення цифрового сховища даних у системах третього рівня супроводжується наповненням структурованого цифрового архіву, у якому накопичуватимуться файли (скановані растрові зображення, інформація у векторному форматі, електронні таблиці, текстові документи тощо) [1]. Кількість цих файлів залежно від сформульованих завдань може вимірюватися мільйонами. І кількість даних постійно зростатиме внаслідок продовження геологорозвідувальних робіт (ГРР). Для прикладу, справи нафтогазових свердловин можуть мати від 150 до 300 документів (200–250 документів

у середньому). Це різноманітні акти, результати досліджень, висновки і т. ін. Навіть якщо обмежитися свердловинами, пробуреними до 2000 року, – орієнтовна кількість документів сягає трьох мільйонів. Тож для швидкого пошуку відповідного документа має бути створена база метаданих із записами про час внесення файлів до цифрового архіву.

Метадані, що описують файл, мають бути вичерпними й забезпечувати швидкий пошук файлу в цифровому архіві (структуроване файлове сховище) за ключовими словами. Крім того, переважна більшість первинних геолого-геофізичних даних має картографічний складник, тобто база метаданих має бути геоінформаційною. Це суттєво поліпшить пошук і розуміння інформації, наприклад, стосовно пролягання лінії сейсмічного профілю, взаємного розміщення свердловин, лінії геологічного маршруту тощо.

Відповідно до створеної архітектури метаданих формують і структуру бази даних.

Практичне втілення інформаційного забезпечення вирішуваних геолого-геофізичних завдань, а також довідково-інформаційного обслуговування користувачів потребує широкого набору технічних засобів. За функціональним призначенням їх можна умовно розділити на дві групи.

Перша з них стосується одержання й передавання первинної цифрової інформації. До того ж з них можна виділити польові цифрові (реєстратори або реєструвальні комплекси на сейсмічних, каротажних, електророзвідувальних, магніторозвідувальних станціях тощо) і лабораторні засоби для перетворення аналогової інформації на цифрову (цифрові перетворювачі каротажних діаграм, дигітайзери, сканери тощо), а також засоби передавання цифрових даних. Польові засоби реєстрації входять до відповідних станцій і комплексів і є виробничим обладнанням. Лабораторні засоби не мають самостійного значення через те, що працюють у поєднанні з обчислювальною технікою як периферійні пристрої. Тому надалі розглядатимемо їх як складові частини обчислювальних комплексів.

Аналізуючи стан забезпечення організацій Державної служби геології та надр України технічними засобами першої групи, можна визначити, що в різних підрозділах геологорозвідувального комплексу він суттєво неоднаковий. Так, на сейсмозвідувальних підприємствах, де майже немає аналогового оброблення матеріалів, повністю запроваджена цифрова реєстрація. В інших геолого-геофізичних підрозділах становище не можна визнати задовільним. Проте останнім часом, з розвитком цифрових технологій, ситуація суттєво змінилась.

Загальну схему технічних засобів одержання й передавання первинної цифрової інформації зображено на рис. 1. Вона являє собою локальну мережу й охоплює автоматизовані робочі місця або групи таких місць, що виконують функції сканування ПГІ (у растровому, векторному або текстовому вигляді), її оброблення та систематизації; тимчасове сховище для акумуляції зібраної інформації. Робочі місця оброблення та систематизації інформації обладнують якомога більшою кількістю інтерфейсів та адаптерів для під'єднання носіїв цифрової інформації і безпечними цифровими каналами виходу в інтернет, переважно спорядженими шифруванням за допомогою відповідних технологій. Робочі місця, що виконують функції сканування ПГІ, на периферії мають бути забезпечені як сканером великих форматів (A0+), так і сканерами, що дадуть змогу сканувати вузькі й довгі паперові носії, зокрема каротажні діаграми.

Оброблена й систематизована цифрова геолого-геофізична інформація за допомогою програмного забезпечення на сервері застосунків завантажується в структуроване файлове сховище з паралельним заповненням метаданих, анотаційної інформації, що додається до бази метаданих.

Програмні й апаратні засоби інформаційного захисту мають забезпечувати маршрутизацію трафіку даних, його шифрування, захист проти мережевих хакерських атак і вірусного програмного забезпечення. Треба розуміти, що має бути розроблена низка заходів з кібербезпеки, що унеможливить втрати інформації та баз даних, забезпечить стабільну роботу сховища даних. Заходи з кібербезпеки мають бути методично описані й затверджені. Користувачі сервісів сховища даних забор'язані суворо дотримуватися їх.

Сервер застосунків є ядром сховища даних. Він забезпечує виконання таких функцій:

- функціонування системи керування базою метаданих;
- зберігання інформації в структурованому файловому сховищі;
- резервне копіювання баз даних і файлового сховища до цифрового архіву;
- здійснення запитів до бази метаданих за допомогою програмних застосунків і пошук відповідних файлів у структурованому файловому сховищі за цими метаданими;
- наповнення сховища даних інформацією з тимчасового сховища;
- виконання інформаційних запитів GIS-вебсервера й надання відповідної інформації;
- виконання інформаційних запитів користувачів локальної мережі й надання відповідної інформації;
- гарантування додаткової інформаційної безпеки та функціонування сховища даних.

GIS-вебсервер забезпечує картографічне супроводження сховища даних. За допомогою динамічних вебінтерфейсів користувачі через інтернет можуть переглядати відповідну інформацію з картографічних баз даних і сховища даних згідно з ухваленою інформаційною політикою.

Організація архітектури систем четвертого рівня

Як уже зазначено, ПГІ, що примножується під час ГРР, має великі обсяги, які зростають у геометричній прогресії. За висновками іноземних фахівців, структуровані дані типово накопичуються в реляційних і просторових базах даних,

проте неструктуровані дані або частково структуровані дуже важко обробляти традиційним програмним забезпеченням. Неструктуровані або частково структуровані дані характеризуються різною типізацією і можуть мати фрагментарний характер. Тому використання традиційних систем і програмного забезпечення досить ускладнює оброблення та аналіз таких даних. А ще більше часу потребує підготовка таких даних для аналізу. Тому світові фахівці зосередили зусилля на розробленні методів з оброблення, керування та аналізу цих неструктурованих або частково структурованих даних за допомогою хмарних обчислювальних систем і технологій, пов'язаних з "великими даними", які мають неабиякий потенціал для вирішення подібних питань.

У ситуації, коли ми не можемо або можемо досить наближено передбачити розміри даних і потрібну швидкість їхнього оброблення, використання систем на основі технологій, пов'язаних з "великими даними", видається найраціональнішим, оскільки їхньою безумовною перевагою є горизонтальне масштабування як за обчислювальними можливостями, так і за розміром даних.

Безсумнівно, на первинних етапах функціонування технологій, пов'язаних з "великими даними", не можуть повністю замінити традиційних системи оброблення, аналізу й моделювання і мають взаємодіяти з наявними традиційними системами, що набагато підвищить ефективність роботи з ПГІ. Водночас використання передових технологій дасть змогу заощадити час і витрати підприємства.

Як зазначають фахівці [2], упровадження технологій, пов'язаних з "великими даними", у геологорозвідувальну діяльність компанії – процес поступовий. Для успішного впровадження потрібно дотримуватися послідовності, де кожний наступний крок ґрунтується на результаті попереднього. На рис. 2 наведено варіант послідовного впровадження. Перший крок – створення сховища даних, що передбачає також інтеграцію даних з наявних систем, налагодження процесу поповнення даними й забезпечення контролю якості. Другий крок – створення системи розподілених обчислень і зберігання. Третій крок – формування аналітичної частини системи.

На рис. 3 розглянуто архітектуру системи ПГІ на основі технологій, пов'язаних з "великими даними".

Ядром системи є розподілена кластерна обчислювальна система на базі технологій екосистеми Hadoop. Ця екосис-



Рис. 1. Приклад архітектури класичного цифрового сховища даних ПГІ

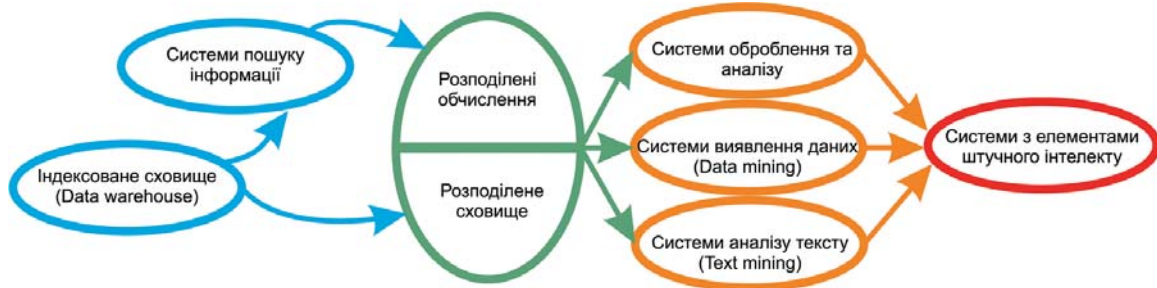


Рис. 2. Варіант послідовного впровадження технологій, пов'язаних з “великими даними”

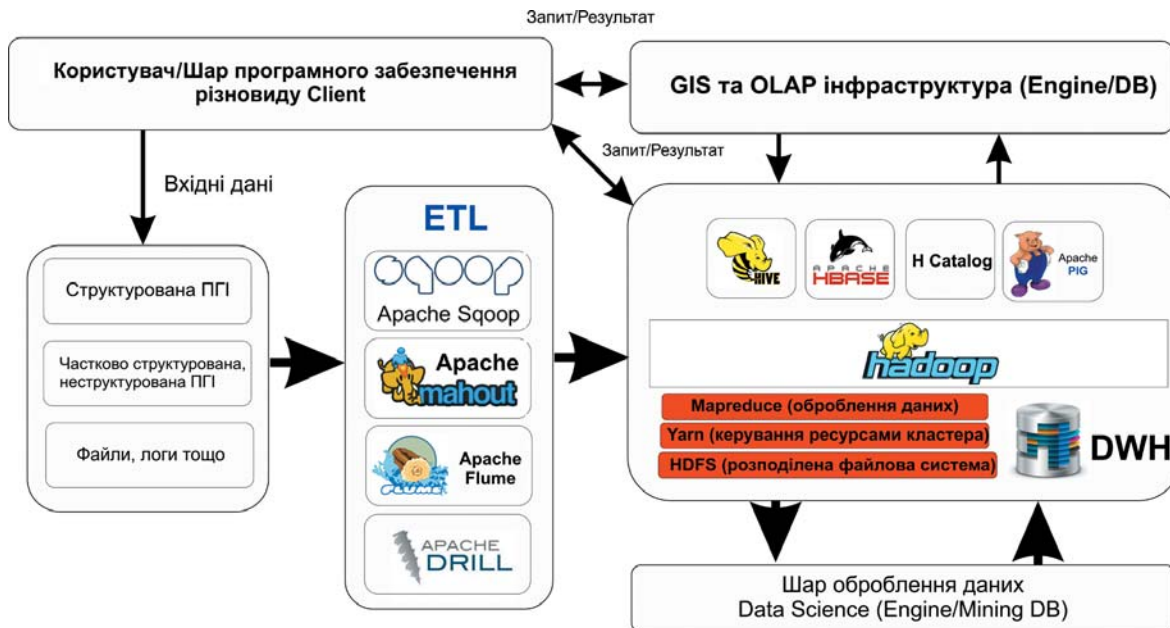


Рис. 3. Приклад архітектури системи четвертого рівня на основі технологій, пов'язаних з “великими даними”

тема поєднує: HDFS (розподілена файлова система), Yarn (керування ресурсами кластера), HIVE (система керування базами даних на основі платформи Hadoop), HBase (система керування базами даних класу NoSQL), HCatalog (шар керування таблицями й зберіганням для Hadoop, який дає змогу користувачам застосовувати різні інструменти для оброблення даних – Pig, MapReduce), Pig (платформа високого рівня для створення програм, що працюють на Hadoop; мова програмування Pig Latin) та інші (або їхні аналоги, як-от Apache Spark), які можна використовувати за потреби згідно із завданнями. Основою даних є DWH (data warehouse), що ґрунтується на сховищах даних системи третього рівня і накопичує надхідну інформацію. Вищеперераховані шари системи утворюють так зване озеро даних (data lake).

Важливим шаром системи є ETL (extract, transform, load). Це один з основних процесів керування сховищем DWH, який охоплює вилучення даних із зовнішніх джерел, їхню трансформацію, очищення та завантаження в DWH (включно з функцією експорту в реляційні бази даних). У разі частково структурованих або неструктурованих даних упроваджуються процеси data mining. Основою для ETL можуть стати такі програмні продукти, як Apache Sqoop, Apache Flume, Apache Drill та Apache Mahout. Надалі шар ETL розвивається згідно з вибраною архітектурою та чітко визначеними завданнями для системи.

Шар оброблення даних Data Science є незалежним аналітичним блоком, що формується в останню чергу й розвивається відповідно до нових завдань. Він може охоплювати: статистичні методи оброблення даних, алгоритми машинного навчання, штучні нейронні мережі (зокрема генетичні алгоритми та fuzzy-логіку), алгоритми розпізнавання образів, прогнозу ана-

літики, імітаційне моделювання, просторовий аналіз (включно з ГІС-аналізом), візуалізацію аналітичних даних (графіки, гістограми, діаграми тощо). З огляду на специфіку ППГ першочерговим є просторовий аналіз даних і його поєднання з іншими методами (включно з тривимірним ГІС-аналізом).

Інфраструктура GIS та OLAP (online analytical processing) [7, 8] відповідає переважно за надання користувачеві систематизованої, структурованої та обробленої (включно з просторово обробленою) інформації, що забезпечує первинне оброблення та візуалізацію.

Висновки

Створюючи сховище даних ППГ, важливо дотримуватися стабільності виконання робіт і мати обов'язковий зворотний зв'язок під час оцінки результатів етапів і ухвалення рішень стосовно наступних кроків у процесі побудови архітектури. Архітектура систем має бути подібна до вищенаведеної, оскільки такі рішення вже опрацьовано на практиці й не тільки в геологічній галузі. Обґрунтовано доцільною є побудова систем четвертого рівня, що надовго забезпечить роботу сховища даних. Безумовною перевагою таких систем, порівнюючи із системами третього рівня, є горизонтальне масштабування як обчислювальних можливостей, так і самого сховища інформації. Потрібною умовою вважається побудова аналітичної частини систем четвертого рівня, оскільки організоване без них data lake стане просто “інформаційним болотом”. Ці системи можна застосовувати не тільки для цілей, передбачених нормативними документами Кабінету Міністрів України (Постанова КМУ № 939 від 7 листопада 2018 р.), але й на підприємствах приватного сектору геологічної галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лебедев А. Ю., Березко А. Е. Создание централизованного каталога алгоритмов обработки геоданных//Геоинформатика. – 2010. – № 2. – С. 67–70.
2. Миронов П. Эффективность использования Big Data в жизненном цикле управления геологоразведочной деятельностью нефтегазовых компаний//Энергетика и промышленность России. – 2016. – № 13–14 (297–298).
3. Cao MengXue, Lu LaiJun, Lv Yan, Xin Shuang. Samples optimum analysis of geochemical big data in the northern margin of Ordos Basin. – 2018. – Vol. 34. – № 2. – P. 363–371.
4. Deibe David, Amor Margarita, Doallo Ramon. Big data storage technologies: a case study for web-based LiDAR visualization//IEEE International Conference on Big Data. – 2018. – P. 3831–3840.
5. Fang Jun, Li Chaokui, Zhao Yanan, Xiao Keyan, Wu Baiyan. Research on Distributed Storage Method for Big Data of Geological and Mineral Resources Based on Hadoop//International Conference on Geoinformatics. – 2018.
6. Jiao Shoutao, Zhang Qi, Zhou Yongzhang, Chen Wanfeng and others. Progress and challenges of big data research on petrology and geochemistry//Solid earth sciences. – 2018. – Vol. 3. – № 4. – P. 105–114.
7. Martinez-Santos P., Renard P. Mapping Groundwater Potential Through an Ensemble of Big Data Methods//Groundwater. – 2019.
8. Wu Liang, Xue Lei, Li Chaoling, Lv Xia, Chen Zhanlong, Jiang Baode, Guo Mingqiang, Xie Zhong. A Knowledge-Driven Geospatially Enabled Framework for Geological Big Data//Isprs international journal of geoinformation. – 2017. – Vol. 6. – № 6. – Number of article: 166.
9. Zhang Qi, Zhou YongZhang. Big data helps geology develop rapidly//Acta petrologica sinica. – 2018. – Vol. 34. – № 11. – P. 3167–3172.
10. Zhou YongZhang, Chen Shuo, Zhang Qi, Xiao Fan, Wang Shu-Gong, Liu YanPeng, Jiao ShouTao. Advances and prospects of big data and mathematical geoscience//Acta petrologica sinica. – 2018. – Vol. 34. – № 2. – P. 255–263.
11. Zhou YongZhang, Wang Jun, Zuo RenGuang, Xiao Fan, Shen WenJie; Wang ShuGong//Machine learning, deep learning and Python language in field of geology. – 2018. – Vol. 34. – № 11. – P. 3173–3178.

REFERENCES

1. Lebedev A. Ju., Berezko A. E. Creating a centralized catalog of geo-data processing algorithms//Geoinformatika. – 2010. – № 2. – P. 67–70. (In Russian).
2. Mironov P. Efficiency of using Big Data in the life cycle of the exploration activities of oil and gas companies//Jenergetika i promyshlennost Rossii. – 2016. – № 13–14 (297–298). (In Russian).
3. Cao MengXue, Lu LaiJun, Lv Yan, Xin Shuang. Samples optimum analysis of geochemical big data in the northern margin of Ordos Basin. – 2018. – Vol. 34. – № 2. – P. 363–371.
4. Deibe David, Amor Margarita, Doallo Ramon. Big data storage technologies: a case study for web-based LiDAR visualization//IEEE International Conference on Big Data. – 2018. – P. 3831–3840.
5. Fang Jun, Li Chaokui, Zhao Yanan, Xiao Keyan, Wu Baiyan. Research on Distributed Storage Method for Big Data of Geological and Mineral Resources Based on Hadoop//International Conference on Geoinformatics. – 2018.
6. Jiao Shoutao, Zhang Qi, Zhou Yongzhang, Chen Wanfeng and others. Progress and challenges of big data research on petrology and geochemistry//Solid earth sciences. – 2018. – Vol. 3. – № 4. – P. 105–114.
7. Martinez-Santos P., Renard P. Mapping Groundwater Potential Through an Ensemble of Big Data Methods//Groundwater. – 2019.
8. Wu Liang, Xue Lei, Li Chaoling, Lv Xia, Chen Zhanlong, Jiang Baode, Guo Mingqiang, Xie Zhong. A Knowledge-Driven Geospatially Enabled Framework for Geological Big Data//Isprs international journal of geoinformation. – 2017. – Vol. 6. – № 6. – Number of article: 166.
9. Zhang Qi, Zhou YongZhang. Big data helps geology develop rapidly//Acta petrologica sinica. – 2018. – Vol. 34. – № 11. – P. 3167–3172.
10. Zhou YongZhang, Chen Shuo, Zhang Qi, Xiao Fan, Wang Shu-Gong, Liu YanPeng, Jiao ShouTao. Advances and prospects of big data and mathematical geoscience//Acta petrologica sinica. – 2018. – Vol. 34. – № 2. – P. 255–263.
11. Zhou YongZhang, Wang Jun, Zuo RenGuang, Xiao Fan, Shen WenJie; Wang ShuGong//Machine learning, deep learning and Python language in field of geology. – 2018. – Vol. 34. – № 11. – P. 3173–3178.

Рукопис отримано 2.12.2019.

ДО ВІДОМА
АВТОРІВ

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ
УКРАЇНИ

З метою подальшого підвищення наукового рейтингу журналу та його дописувачів варто звернути увагу на таке:

1. Кожна публікація не англійською мовою супроводжується анотацією англійською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами). Якщо видання не є повністю українськомовним, кожна публікація не українською мовою супроводжується анотацією українською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами).

2. Вимоги до анотацій англійською мовою: інформативність (без загальних слів); змістовність (відображення основного змісту статті та результатів досліджень); застосування термінології, характерної для іноземних спеціальних текстів; єдність термінології в межах анотації; без повторення відомостей, що містяться в заголовку статті.

3. Прізвища авторів статей надаються в одній з прийнятих міжнародних систем транслітерації (з української — відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 55 від 27.01.2010 “Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею”; з російської — відповідно до “Системи транслітерації Библиотеки конгресса США”). Зазначення прізвища в різних системах транслітерації призводить до створення в базі даних різних профілів (ідентифікаторів) одного автора.

4. Для повного й коректного створення профілю автора дуже важливо наводити місце його роботи. Дані про публікації автора використовуються для отримання повної інформації щодо наукової діяльності організації і загалом країни. Застосування в статті офіційної, без скорочень, назви організації англійською мовою запобігатиме втраті статей у системі аналізу організацій та авторів. Бажаємо вказувати в назві організації її відомство за належністю.

5. В аналітичній системі SCOPUS потрібні пристатейні списки використаної літератури латиницею. Можливості SCOPUS дають змогу проводити такі дослідження: за посиланнями оцінювати значення визнання робіт конкретних авторів, науковий рівень журналів, організацій і країн загалом, визначати актуальність наукових напрямів і проблем. Стаття з представленим списком літератури демонструє професійний кругозір та якісний рівень досліджень її авторів.

6. Правильний опис джерел, на які посилаються автори, є запорукою того, що цитовану публікацію буде враховано в процесі оцінювання наукової діяльності її авторів, а отже й організації, регіону, країни. За цитуванням журналу визначається його науковий рівень, авторитетність тощо. Тому найважливішими складниками в бібліографічних посиланнях є прізвища авторів і назви журналів. В опис статті треба вносити всіх авторів, не скорочуючи їхньої кількості. Для уникнення неточностей в ідентифікації авторства й визначення персональних метрик (показників) бібліометрії авторам наукових публікацій потрібно використовувати персональні коди ORCID.

7. Для українсько- та російськомовних статей з журналів, збірників, матеріалів конференцій структура бібліографічного опису така: автори (транслітерація), переклад назви статті англійською мовою, назва джерела (транслітерація), вихідні дані, у дужках — мова оригіналу, ідентифікатор DOI.

8. Список використаної літератури (References) для SCOPUS та інших закордонних баз даних наводиться повністю окремим блоком, повторюючи список літератури до українсько- та російськомовної частини незалежно від того, містяться в ньому чи ні іноземні джерела. Якщо в списку є покликання на іноземні публікації, їх повністю повторюють у списку, який створюють у латинському алфавіті.

Рукопис статті до редакції автори подають зі своїми підписами.

К 100-летию со дня рождения МАРКА ЛЕЙБОВИЧА ЛЕВЕНШТЕЙНА

11 ноября 2019 года исполнилось 100 лет со дня рождения Марка (Мордка) Лейбовича Левенштейна – главного геолога треста “Артемгеология” и производственного геологического объединения “Донбасгеология”, кандидата геолого-минералогических наук и достойного продолжателя всемирно известной лутугинской (донбасской) геологической школы.

Родился Марк Лейбович в польском городе Хелм, где провел свои детские и юношеские годы, а до начала Второй мировой войны успел поступить в Парижский университет и закончить два курса. Однако с сентября 1939 года его жизненный путь круто изменился. Куда только не бросала судьба молодого человека: он был учеником курсов подготовки учителей, преподавал математику и физику в школе, был курсантом Симферопольской школы санинструкторов, а с начала Великой Отечественной войны – в действующей армии в должности санинструктора.

Очередной жизненный зигзаг Марка Лейбовича произошел в феврале 1942 года, когда после ранения уволенный в запас он устроился на работу в Украинское геологическое управление, находившееся в то время в эвакуации в г. Актюбинске. И с этого момента всю свою дальнейшую жизнь посвятил геологии.

Марк Лейбович к своему признанию и известности в отечественных геологических кругах прошел путь от самых низов геологической лесенки. Он начинал простым коллектором на обслуживании буровых скважин при разведке горючих сланцев, а после освобождения Донбасса и перевода на работу в трест “Донбасуглеразведка” (г. Артемовск) работал топографом, начальником отряда геологической съемки. В этой должности Марк Лейбович проработал почти пять лет, за которые под его руководством осуществлена детальная геологическая съемка промышленных районов Донбасса, материалы которой легли в основу реализации программы восстановления и развития угольной отрасли Донбасса.

В 1949–1959 годах Марк Лейбович сначала экстерном закончил геологоразведочный техникум, а затем – заочно с отличием Московский политехнический институт. Опыт практической работы, природный талант, эрудиция и великолепная память были замечены на государственном уровне, и в апреле 1959 года Марк Лейбович был назначен главным геологом треста “Артемгеология” (г. Артемовск) Министерства геологии УССР. С этого момента начинается наиболее продуктивный этап его производственной и научной деятельности. Помимо решения чисто практических задач, связанных с формированием и совершенствованием минерально-сырьевой базы Донбасса (поиски, разведка и передача в эксплуатацию разнообразных полезных ископаемых), он решал и серьезные научные проблемы. В частности, разработал зональность закономерного развития различных марок угля на Донбассе (теория регионального метаморфизма углей), которая легла в основу его знаковой кандидатской диссертации. В своих многочисленных фундаментальных научных статьях им освещены различные аспекты геологии Донбасса, геологии и методики разведки угольных месторождений, региональной тектоники и металлогении Донецкого бассейна. Под редакцией Марка Лейбовича и при его непосредственном авторстве получили широкое признание геологической обществу монографии “Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР”; “Методика разведки угольных месторожде-



ний Донбасса”; материалы к международным геологическим конгрессам по стратиграфии карбона Донбасса и угольных месторождений СССР.

Марк Лейбович был геологом от Бога, яркой и талантливой личностью, беззаветно увлеченной своей профессией и работой. Даже после шестидесяти лет он сохранял юношеский азарт и любознательность, способность учиться и познавать новое. Его отличало умение слушать и простого собеседника, и научного оппонента. Схватывать на лету главную мысль, четко формулировать суть вопроса, увлечь своим выступлением аудиторию, найти убедительные доводы и отстаивать свою точку зрения. Эти характерные грани незаурядной личности М. Л. Левенштейна притягивали к нему и знаменитых ученых, и рядовых геологов.

Марк Лейбович щедро делился своими знаниями, никогда не давил авторитетом, всегда был предельно корректен по отношению к своим коллегам, мог увидеть рациональное зерно в выдвигаемом любым геологом предложении и поддержать любое полезное начинание. Именно из-за таких чисто человеческих черт любому геологу было абсолютно комфортно работать рядом с ним, свободно высказывать и обсуждать любую идею. Это, в свою очередь, вызвало появление целой плеяды крупных специалистов-геологов в изучении угольных месторождений, рудного и неметаллического сырья, геологической съемке и гидрогеологии, а среди них – около 30 кандидатов геолого-минералогических наук. Вспоминается заветное наставление Марка Лейбовича ученикам и последователям: “чтобы увидеть дальше и сделать больше, необходимо достичь хотя бы до уровня плеч предшественников, а тем, в свою очередь, при необходимости присесть и позволить новому поколению стать на эти фундаментальные плечи”.

Марк Лейбович Левенштейн – это целая эпоха в геологии Донбасса в послевоенный период, и мы, ветераны, и нынешнее поколение геологов всегда будем помнить и чтить этого Геолога с большой буквы.

Н. В. ЖИКАЛЯК, доктор экономических наук, кандидат геологических наук

В. В. ИЛЬИН, ветеран геологической службы Украины

СВІТЛОЇ ПАМ'ЯТІ В'ЯЧЕСЛАВА ЯКИМОВИЧА ВЕЛІКАНОВА

Геологічна галузь і наука України зазнали важкої втрати – 9 листопада 2019 р. на 84 році життя не стало В'ячеслава Якимовича Веліканова – відомого українського геолога, ветерана геологічної галузі, кандидата геолого-мінералогічних наук, прекрасної людини.

Народився В'ячеслав Якимович 1935 року в м. Боброві Воронежської області в сім'ї інженера-будівельника залізничних мостів.

Після закінчення середньої школи м. Києва романтична натура В'ячеслава Якимовича підштовхнула його до вибору професії геолога й вступу до геологічного факультету Київського державного університету, який він з відзнакою закінчив 1958 року за спеціальністю “геологічна зйомка і пошуки родовищ корисних копалин”.

Усе подальше своє трудове життя В'ячеслав Якимович присвятив улюбленій справі – вивченню надр України.

Після закінчення університету, упродовж 1958–1971 рр., працював у Південно-українській і Побузській експедиціях тресту “Київгеологія”, де проводив геологічну зйомку в басейні р. Гірський Тікич та на Середньому Придністров'ї. Матеріали цих досліджень лягли в основу кандидатської дисертації на тему: “Стратиграфія і тектоніка верхнедокембрійських отложений Подольського Придністровья и некоторые закономерности локализации флюоритового свинцово-цинкового оруденения”, яку він успішно захистив 1971 року.

У 1971–1973 рр. В. Я. Веліканов очолював відділ геологічної та топогеодезичної зйомки Міністерства геології України, де як здібний організатор сприяв започаткуванню нових для України різновидів регіональних геологічних робіт – глибинного геологічного картування, геологічного довивчення площ, групової геологічної зйомки.

Упродовж 1973–1987 рр. В'ячеслав Якимович плідно працював в Інституті геологічних наук АН України, де ґрунтовно вивчав стратиграфію, літологію, палеонтологію, тектоніку верхнедокембрійських відкладів різних регіонів України та їхню кореляцію. За результатами досліджень цього періоду вийшла друком низка монографій, співавтором яких є В. Я. Веліканов. Але найважливіший здобуток цього періоду – результати вивчення венду України і вихід під такою ж назвою монографії, яка нині є настільною книгою багатьох геологів. В'ячеслав Якимович уважав Подільський опорний розріз найповнішим розрізом венду у світі, еталоном вендської системи і був невтомним пропагандистом його першорядного значення в кореляції з іншими регіонами планети.

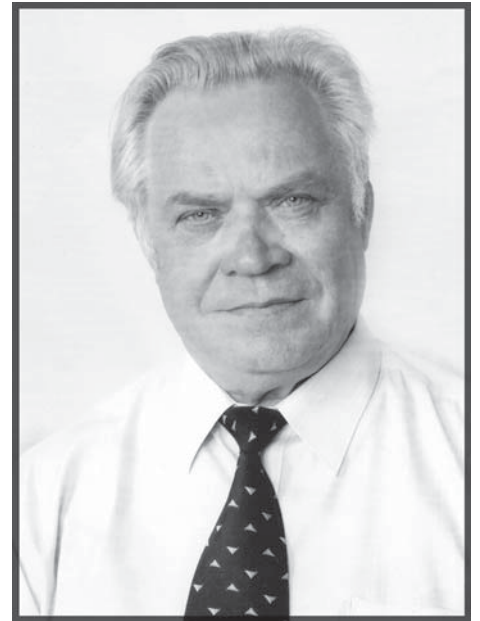
Упродовж 1987–1993 рр. В'ячеслав Якимович працював у Науково-редакційній раді (філіал ВСЕСГЕІ, Мінгео СРСР) при УкрНІГРІ, де апробував звітні матеріали з різномасштабних регіональних геологічних робіт по території України та підготовлені до друку геологічні карти різного змісту.

У 1993–2000 рр. В. Я. Веліканов – заступник директора, головний геолог ДГП “Геопрогноз” і керівник Науково-методичного центру з геології та картування в ДГП “Геоінформ” Держкомгеології України. Великої уваги він надавав науковому забезпеченню організації та проведення регіональних геологічних робіт, був одним з активних організаторів нарад з питань геологічної зйомки.

Упродовж 2000–2011 рр. В'ячеслав Якимович очолював відділ методики геологічного картування та картографування в Українському державному геологорозв'язальному інституті. Водночас був керівником міжвідомчого Науково-методичного центру з геологічного картування та картографування, тобто він був сполучною ланкою між академічною й виробничою наукою. Під проводом В. Я. Веліканова та з його безпосередньою участю за короткий період у незалежній Україні було створено сучасну наукову інструктивно-методичну базу для проведення регіональних геологічних робіт (інструкції, методичні та інші керівні й нормативні документи, галузеві стандарти). Він також брав активну участь у створенні “Стратиграфічного кодексу України”, “Петрографічного кодексу України” та інших нормативних документів. Велику роль відіграв В'ячеслав Якимович як один з керівників під час виконання робіт зі складання тектонічної карти України, яку надруковано 2007 року.

Не припиняв В'ячеслав Якимович цікавитися регіональними геологічними дослідженнями в Україні і вже коли перебував на заслуженому відпочинку. Він і далі розвивав галузеву науку, зокрема став співавтором другого видання “Стратиграфічного кодексу України” (2012 р.), енциклопедичної монографії “Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. Том 1. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України” (2013 р.) та автором серії статей на різну геологічну тематику, котрі вирізняються незаперечною логікою й глибиною висвітлення суті.

Із часу створення й до останніх своїх днів (а це понад 50 років) входив до складу науково-редакційної ради (НРР) Держгеонадр України. Був заступником голови НРР, членом Головної редакції Держгеокарти-200, головним редактором Волино-



Подільської серії аркушів, редактором багатьох окремих аркушів, а також зведених карт, керівником рифей-вендської комісії Національного стратиграфічного комітету та членом тектонічного комітету України.

Творчий спадок В. Я. Веліканова налічує понад 200 опублікованих наукових праць, зокрема близько 10 монографій, підготовлених як самостійно, так і в співавторстві з колегами, та багато наукових і виробничих звітів. Його славні справи по заслугі оцінила Державна геологічна служба, Міністерство охорони навколишнього природного середовища та уряд України. Він відзначений званням “Почесний розвідник надр”, нагороджений медалями В. І. Лучицького і Л. І. Лутугіна, урядовими нагородами СРСР, численними грамотами Держгеослужби й Українського державного геологорозв'язального інституту.

Працюючи на будь-якій посаді, В. Я. Веліканов вдало поєднував високий професіоналізм з організаторськими здібностями. Він був мудрою, інтелігентною, відданою своїй справі, принциповою, порядною, доброзичливою людиною, завжди готовою прийти на допомогу молодим і досвідченим геологам у вирішенні складних геологічних проблем. Багато нинішніх кандидатів чи докторів геологічних наук завдячують В'ячеславу Якимовичу за його навчальну роль і допомогу в процесі підготування дисертацій. Завдяки цим своїм рисам він мав заслужену повагу й авторитет з-поміж усіх геологів України.

Лібіко сумуємо з приводу смерті В'ячеслава Якимовича Веліканова й висловлюємо щире співчуття рідним і близьким покійного. Світла пам'ять про нього – людину й геолога з Великої букви – назавжди збережеться в наших серцях.

*Колектив Держгеонадр та УкрДГРІ,
друзі, колеги, однодумці*