

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ MINERAL RESOURCES of UKRAINE УКРАЇНИ



ISSN 1682-721X



9 771682 721002

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC JOURNAL

1'2021

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Науковий журнал, виходить 4 рази на рік,
березень, 2021 р.
Видається з 01.03.1994 р.

MINERAL RESOURCES OF UKRAINE

Scientific journal, is published 4 times per year,
March, 2021
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
КВ № 23790-13630ПР dated 15.03.2019

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР / EDITOR-IN-CHIEF

Г. І. Рудько
H. Rudko

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ / EDITORIAL TEAM

М. Д. Красножон / M. Krasnozhon
(заст. головного редактора / Deputy editor)
І. Д. Багрий / I. Bahrii
(заст. головного редактора / Deputy editor)
С. О. Некрасова / S. Nekrasova
(відповідальна секретарка / Executive secretary)

О. О. Акульшин / O. Akulshyn, В. І. Бондаренко /
V. Bondarenko, Ю. І. Войтенко / Yu. Voitenko, Л. В. Ісаков /
L. Isakov, Г. А. Калашник / G. Kalashnyk, М. М. Костенко /
M. Kostenko, О. В. Кравченко / O. Kravchenko,
Е. Д. Кузьменко / E. Kuzmenko, Я. Г. Лазарук / Ya. Lazaruk,
А. А. Локтев / A. Loktiev, Н. Г. Люта / N. Lyuta, Г. Г. Лютий /
G. Lyutyi, О. І. Ляшенко / O. Liashenko, В. А. Михайлов /
V. Mykhailov, О. В. Плотников / O. Plotnikov, О. М. Пономаренко /
O. Ponomarenko, Р. І. Стефурак / R. Stefurak,
В. В. Сукач / V. Sukach, В. М. Хоменко / V. Khomenko,
М. М. Шаталов / M. Shatalov, С. О. Яковлев / Ye. Yakovlev

ЗАРУБІЖНІ ЧЛЕНИ РЕДКОЛЕГІЇ / 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 № 5 від 17.12.2020 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 категорії “Б” з геологічної
й технічної галузей науки, спеціальності – 103, 184, 185

Наказ Міністерства освіти та науки України
№ 409 від 17.03.2020 р.

Журнал індексується в Google Scholar.
У 2016 р. його зареєстровано в системі
Index Copernicus. Індекс ICV2019 = 76.42.
У 2019 р. журнал унесено в базу DOAJ, у 2020 р. – в EBSCO.

Адреса редакції: 04114, м. Київ, вул. Автозаводська, 78А

© УкрДГРІ, 2021

1/2021

ЗМІСТ / CONTENTS

Колонка головного редактора
Editor-in-chief's column

3

БАРЯЦЬКА Н. В. / BARIATSKA N.

Чи готові українські надрокористувачі розмовляти
“однією мовою” з міжнародними інвесторами?

Are ukrainian subsoil users ready to speak “the same language”
with international investors?

4

РУДЬКО Г. І., КАРЛИ В. Е. / RUDKO H., KARLY V.

Перспективи видобутку золота в межах Українського щита
(на прикладі Майського родовища золота)

Prospects of gold mining within the Ukrainian shield
(by the example of Maiske gold ore deposit)

8

СУКАЧ В. В., ШПИЛЬЧАК В. О., ГРИНЧЕНКО О. В., БОНДАРЕНКО С. М., ІСАКОВ Л. В., СЬОМКА В. О. / SUKACH V., SHPYLCHAK V., HRINCHENKO O., BONDARENKO S., ISAKOV L., SOMKA V.

Дібровське родовище – типовий представник комплексного
TR-U-Th зруденіння Приазовської металогенічної області
Українського щита

Dibrova deposit – the typical complex REE-U-Th mineralization
of Azov metallogenic province of the Ukrainian shield

18

САНІНА І. В., ЛЮТА Н. Г. / SANINA I., LYUTA N.

Ідентифікація транскордонних масивів підземних вод
(Україна – Білорусь, басейн Дніпра)

Identification of transboundary groundwater bodies
(Ukraine – Belarus, Dnipro river basin)

32

БАГРИЙ І. Д., СЕМЕНЮК В. Г., ЛОКТЕВ А. А., ЛОКТЕВ В. С., ДОВБИШ Н. С., ДОВБИШ С. М. / BAHRII I., SEMENIUK V., LOKTIEV A., LOKTIEV V., DOVBYSH N., DOVBYSH S.

Вивчення картувальних ознак передумов формування
родовищ вуглеводнів на континентальному схилі
Західночорноморської западини

Study of mapping features of preconditions for formation of hydrocarbon
deposits on the continental slope of the Western Black Sea basin

39

МАТКІВСЬКИЙ С. В. / MATKIVSKIY S.

Вплив щільності сітки нагнітальних свердловин
на регулювання процесу обводнення газоконденсатних покладів
шляхом нагнітання діоксиду вуглецю

Impact of the well placement density of water flooding process control
by injection of carbon dioxide

46

Світлої пам’яті Георгія Григоровича Лютого
In the blessed memory of Georgii Lyutyi

51



Шановні колеги!

Щиро вітаємо працівників геології, геодезії та картографії України з професійним святом – Днем геолога!

Геолог – не тільки професія, а й справжнє покликання тих, хто заради великої мети готовий зустрітися віч-на-віч із будь-якими труднощами, і незмінно з успіхом їх долає. В усі часи розвідників надр вирізняли високий професіоналізм, глибокі знання, відданість справі та віра в успіх.

Попри те, що галузь геології переживає сьогодні складні часи, ми віримо, що в недалекому майбутньому все зміниться на краще! Українська держава має багаті надра, лівову частку яких становить стратегічно важлива мінеральна сировина. Ефективне використання цієї сировини – важливий чинник впровадження й підтримки сталого розвитку нашої держави, а геологія – невіддільний складник стабільного розвитку економіки, адже без корисних копалин неможливий науково-технічний прогрес.

Сьогодні першочерговим завданням геологів є відкриття нових родовищ України з підтвердженням промисловим потенціалом (вуглеводнів, благородних, кольорових і рідкісних металів, будівельної сировини тощо), розроблення яких активізує економіку України. Високий професійний і представницький рівень вітчизняних фахівців сприятимуть зростанню темпів відтворення мінерально-сировинної бази. Впевнений, що поєднавши наші зусилля й можливості, ми зможемо досягти високого рівня розвитку в нашій країні.

Тож дозвольте подякувати Вам за гідну роботу у сфері припорошення мінерально-сировинної бази нашої Батьківщини, і побажати здоров'я, щастя, добробуту й дальших успіхів у Вашій важливій справі!

Зичимо Вам прекрасного настрою, життєвих сил, енергії та бажання перемагати! Нехай знайдеться невичерпне джерело натхнення, яке сприятиме Вам у житті й роботі, нехай завжди щастить, удача буде прихильною до Вас, а Ваша праця й старання дістають гідну винагороду.

Головний редактор

Рудько

Г. І. Рудько

УДК 553.048

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2021.1.4-7>

Н. В. БАЛЯЦЬКА, д-р геол. наук, головний геолог ТОВ “Геологічна сервісна компанія”, BariatskaN@gmail.com, <https://www.linkedin.com/in/bariatska-nataliia-78b2011a3/>, <https://orcid.org/0000-0002-8068-2464>

N. BARIATSKA, Dr. Sci. (Geol.), chief geologist of Geological Service Company LLC, BariatskaN@gmail.com, <https://www.linkedin.com/in/bariatska-nataliia-78b2011a3/>, <https://orcid.org/0000-0002-8068-2464>

ЧИ ГОТОВІ УКРАЇНСЬКІ НАДРОКОРИСТУВАЧІ РОЗМОВЛЯТИ “ОДНІЄЮ МОВОЮ” З МІЖНАРОДНИМИ ІНВЕСТОРАМИ?

ARE UKRAINIAN SUBSOIL USERS READY TO SPEAK “THE SAME LANGUAGE” WITH INTERNATIONAL INVESTORS?

Найпоширенішою класифікацією запасів і ресурсів рудних корисних копалин у світі є класифікація шаблону CRIRSCO, яка лежить в основі багатьох національних стандартів (кодексів) звітності. Аналіз документів, що регламентують правила лістингу та стандарти звітності на основних фондових біржах світу, якими користуються гірничодобувні компанії, це підтверджує. У статті описано головні класифікації запасів і ресурсів рудних корисних копалин, якими користуються в Україні. Запропоновано необхідні заходи для впровадження та широкого застосування визнаних міжнародних класифікацій і стандартів в Україні.

Ключові слова: міжнародні класифікації ресурсів і запасів корисних копалин, стандарти (кодекси) звітності, лістинг, IPO.

The most common used classification of ore reserves and resources in the world is the CRIRSCO template classification, which underlies many national reporting standards (codes) such as the JORC Code (Australia) and NI 43-101 (Canada). All standards and codes used by the main stock exchanges in the world are based on the CRIRSCO classification (International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves of the Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards). The preparation of a public report in accordance with one of the standards (codes) is necessary for listing on the exchange (in particular, IPO).

The classification of reserves and resources of the state subsoil fund is valid in Ukraine and is based on the classification of the UNFC (United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources). It is harmonized with the CRIRSCO classification generally accepted on exchanges, about which there are relevant documents. Joint use of these classifications in Ukraine is the most optimal and effective at the moment. It is important to indicate international categories of resources and mineral reserves in official government documents, databases, registers, balances, etc. It is necessary to ensure access of potential investors in the mining industry of Ukraine to this information.

The article proposes steps and measures for the introduction and wider use of recognized international classifications and standards in Ukraine. It is necessary to ensure widespread use of the current classification of resources and mineral reserves, as well as to make appropriate changes to the existing regulatory framework.

Keywords: international mineral resources and reserves classifications, standards (codes) for reporting mineral reserves and resources, listing, IPO.

Міжнародні класифікації ресурсів і запасів корисних копалин та стандарти (кодекси) звітності. У світовій гірничодобувній і геологорозвідувальній галузях найуживанішою є система класифікації запасів і ресурсів корисних копалин шаблону CRIRSCO, яка лежить в основі багатьох національних стандартів (кодексів) звітності [1, 2], таких як JORC Code, NI 43-101 та ін. Кожен з таких стандартів регламентує порядок надання та структуру звітності щодо результатів розвідки й оцінки мінеральних ресурсів (МР) і рудних запасів (РЗ), а не застосовувані для цієї оцінки методи. Тому, наприклад, термін “відповідно до Кодексу JORC” стосується способу підготування звіту, а не методу оцінювання. Перелік обов’язкових для розгляду критеріїв досить чітко визначений стандартом (кодексом) звітності (наприклад, таблиця 1 JORC Code – контрольний перелік критеріїв оцінки та звітності).

В усіх зазначених системах упроваджено подібну термінологію й номенклатуру та в усіх системах визнається чітке розділення між ресурсами й запасами.

Як впливає з визначення МР, їхня класифікація ґрунтується передусім на геологічній вивченості. Крім того, що вища категорія, то вищою має бути впевненість у тому, що МР можуть бути потенційно відпрацьовані з економічною ефективністю. Саме за вірогідністю геологічних даних (у порядку зростання) МР поділяються на *передбачувані* (Inferred), *виявлені* (Indicated) і *виміряні* (Measured).

Ділянки родовищ без обґрунтованих перспектив економічно ефективного відпрацювання не можуть належати до МР.

РЗ як модифікована частина МР високих категорій (Measured, Indicated) потребують розгляду модифікуючих чинників (гірничих, переробних, металургійних, інфраструктурних, економічних, маркетингових, правових, екологічних, соціальних, державних), що впливають на розроблення родовища та вилучення корисних компонентів. Отже, чітко розділяються:

– МР, ґрунтовані на розумінні геології родовища, його розвіданості й потенційній можливості відпрацювання – параметрах, які або притаманні об’єкту, або порівняно повільно розвиваються.

– РЗ, ґрунтовані на технічних і маркетингових оцінках, які змінюються зі зміною економічних умов (ціна продажу сировини, вартість перевезення, палива, робочої сили, законодавство й податкова база).

Підготування публічних звітів про ресурси й запаси корисних копалин, лістинг на біржах, процедура IPO (Initial Public Offering).

В останні роки помітне суттєве зростання інтересу українських гірничодобувних компаній до залучення приватного капіталу й розміщення власних акцій на різних фондових біржах. Прагнення гірничодобувних компаній до лістингу на міжнародних фондових майданчиках зумовлено такими головними причинами:

– можливість залучення інвестиційного капіталу для розвитку нових проєктів без втрати контролю над компанією;

– потенційне зростання капіталізації після розміщення на біржових майданчиках;

– зниження кредитних ставок, а також спрощення процедури кредитування для публічних компаній;

– можливість розміщення зобов'язань на міжнародних фінансових ринках;

– підвищення престижу компанії.

Процедура лістингу на міжнародних біржових майданчиках дещо відрізняється, однак є загальні вимоги для проходження процедури IPO:

– надання фінансової звітності, яку компанія готує відповідно до одного з визнаних міжнародних стандартів (МСФО, US GGAAP та ін.);

– надання висновків незалежного фінансового аудиту щодо Due Diligence (комплексної експертизи) виробничої діяльності компанії;

– наявність упорядкованої і прозорої юридичної структури в компанії;

– підготування інвестиційного меморандуму (проспекту емісії), що розкриває інформацію про емітента¹;

– підготування публічного звіту про МР і запаси (Public Report, Technical Report).

Публічний звіт є важливим чинником успішності IPO, а також визначення об'єктивної акціонерної вартості компанії, яка залежить зокрема й від вартості МР і запасів, яку зазначено в публічному звіті. Крім того, важливою є стадія вивченості об'єкта: що нижчий рівень геологічних, техніко-економічних досліджень, то вищі ризики інвестицій і більші побоювання з боку потенційних інвесторів.

Формат складання звітності й проведення фінансової оцінки під час підготування публічного звіту регламентований дирек-

¹ Компанія-емітент цінних паперів – це юридична особа, яка випускає акції або облігації для залучення фінансування

тивними документами, включно з правилами лістингу. Такий звіт, підготовлений для біржового лістингу, також може відігравати роль незалежного інвестиційного аудиторського документа.

У таблиці наведено стандарти (кодекси) звітності щодо ресурсів і запасів корисних копалин та документи, які регламентують правила лістингу на головних фондових біржах, що спеціалізуються на гірничодобувних і геологорозвідувальних проектах. Згідно з таблицею, на різних біржах застосовують різні кодекси звітності, але всі вони використовують класифікацію ресурсів і запасів шаблону CRIRSCO [9].

Інтерес вітчизняних надрокористувачів до оцінювання запасів згідно з одним з міжнародних кодексів може бути зумовлений не лише потребою залучення зовнішнього інвестора, отримання кредитів, проведення процедури IPO та виведення компанії на міжнародний рівень, а й зміною власника, внутрішнім аудитом, веденням міжнародної фінансової звітності тощо. Строк між розміщенням компанії на біржі й аудитом (відвідуванням підприємства) не має перевищувати шести місяців, але насправді допускається шестимісячний строк між датою ефективно оцінки (датою складання звіту) і розміщенням на біржі.

Бажаною умовою під час підготування публічного звіту є проведення впродовж останніх одного-двох років оцінки ресурсів і запасів за міжнародними стандартами. Оптимально, коли над попередньою оцінкою ресурсів і запасів та підготуванням звіту працюють дві різні команди аудиторів, що підвищує об'єктивність і незалежність оцінки.

Підготування публічного звіту зазвичай відбувається з участю та під керівництвом компетентної (кваліфікованої) особи (Competent, Qualified Person), що дістала визнання міжнародної професійної спільноти, має відповідний досвід

Таблиця. Стандарти звітності, які використовують на головних фондових біржах

Біржа	Регламентативний документ (правила лістингу)	Стандарт (кодекс) звітності*
Australian Securities Exchange – ASX	ASX Listing Rules. Guidance Note 31	JORC Code
Австралійська фондова біржа	Правила лістингу ASX. Інструкція 31	
Toronto Stock Exchange – TSX, Toronto Stock Exchange Venture – TSXV	Disclosure Standards for Companies Engaged in Mineral Exploration, Development & Production	NI 43-101, CIM
Фондова біржа Торонто, Венчурна біржа Торонто	Стандарти розкриття інформації для компаній, що працюють у галузі розвідки, розробки та добування корисних копалин	
London Stock Exchange – LSE	London Stock Exchange. Note for Mining and Oil & Gas Companies	CIM, JORC Code, Russian Code, SAMREC, SME
Лондонська фондова біржа	Лондонська фондова біржа. Примітка для гірничих і нафтогазових компаній	
Hong Kong Stock Exchange – HKSE	HKES. Main Board Listing Rules	JORC Code, NI 43-101, SAMREC
Гонконгська фондова біржа	Гонконгська фондова біржа. Головні правила лістингу	
New York Stock Exchange – NYSE	U.S. Securities and Exchange Commission (SEC) property disclosure requirements	SME
Нью-Йоркська фондова біржа	Вимоги Комісії із цінних паперів і бірж США щодо розкриття інформації про власність	
Johannesburg Stock Exchange – JSE	JSE Limited Listings Requirements	SAMREC
Йоганнесбургська фондова біржа	Вимоги до лістингу Йоганнесбургської фондової біржі	

* JORC Code – Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Minerals Resources and Ore Reserves (Австралійсько-азійський кодекс звітності про результати геологорозвідувальних робіт, ресурси й запаси корисних копалин). NI 43-101 – National Instrument 43-101. Standards of Disclosure for Mineral Projects (Національний інструмент 43-101. Стандарти розкриття інформації для мінеральних проектів). CIM – Canadian Institute of Mining Definition Standards – For Mineral Resources and Mineral Reserves (Стандарти визначень для ресурсів і запасів корисних копалин Канадського інституту гірничої промисловості, металургії і нафти). SAMREC – The South African Code for the Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves (Південноафриканський кодекс

звітництва про результати геологорозвідувальних робіт, ресурси й запаси корисних копалин). SME – Society for Mining, Metallurgy, and Exploration Guide for Reporting Exploration Information, Mineral Resources, and Mineral Reserves (Правила звітності про геологорозвідувальну інформацію, ресурси та запаси корисних копалин Комітету з питань ресурсів і запасів Об'єднання гірничої справи, металургії та геологічної розвідки). Russian Code – Russian Code for the Public Reporting for Exploration Results, Mineral Resources, Mineral Reserves (Російський кодекс публічної звітності про результати геологорозвідувальних робіт, ресурси, запаси твердих корисних копалин)

роботи із цим типом родовищ не менш як п'ять років і бере на себе особисту відповідальність за результат. На деяких біржах потрібно страхувати професійні ризики аудитора, а також аудитор має бути акредитований на цій біржі. Крім того, головною умовою довіри андеррайтерів² до публічного звіту є факт його підготування під керівництвом спеціаліста, що має суттєвий службовий список аналогічної роботи.

Підготувати публічний звіт щодо МР і запасів можна у два головні способи:

– оцінка ресурсів згідно з одним з міжнародних стандартів на основі вихідної геологічної інформації (з наступними техніко-економічними обґрунтуваннями запасів);

– перекваліфікація наявних даних з підрахунку запасів радянської класифікації на міжнародні стандарти (обґрунтування запасів у разі експертного підтвердження наявних проєктних рішень).

Другий варіант є менш витратним і тривалим. Він не дає прямої оцінки ресурсів і запасів за міжнародним кодексом, але дає змогу отримати їхній еквівалент, прийнятний для інвестиційних і біржових структур у разі, якщо перекваліфікацію виконує компетентна (кваліфікована) особа на підставі комплексної оцінки геологічної та економічної інформації.

Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин в Україні. В Україні паралельно використовують три різні класифікації запасів і ресурсів корисних копалин:

1. Класифікація державного фонду надр, що ґрунтується на РК ООН (Рамковій класифікації Організації Об'єднаних Націй запасів і ресурсів викопних енергетичних і мінеральних корисних копалин) [11], чинна в Україні з 1997 р. [4], використовується під час геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин і відповідної державної експертизи запасів і ресурсів.

2. Класифікація шаблону CRIRSCO використовується під час написання публічних звітів за міжнародними стандартами (кодексами) для лістингу на біржах і залучення приватного іноземного капіталу.

3. Класифікацію ДКЗ СРСР дотепер використовують для ведення державного балансу корисних копалин, форм 5-гр (про видобування корисних копалин) тощо. Відповідно до цієї класифікації розміщується інформація про запаси й ресурси корисних копалин на багатьох державних інтернет-сайтах (зокрема, <http://minerals-ua.info/>, <https://www.geo.gov.ua/>, <http://geoinf.kiev.ua/>), інтерактивних картах, інвестиційних атласах та інших матеріалах.

Класифікація шаблону CRIRSCO й радянська класифікація запасів і ресурсів корисних копалин мають різну мету та виконують різні завдання:

– Кодекси звітності, які ґрунтуються на класифікації шаблону CRIRSCO, були створені для публічної звітності перед інвесторами — біржами, фінансовими інститутами, фондами, приватними інвесторами тощо. Формат надання звітності регулюється правилами біржі / фінансового інституту.

– Система ДКЗ СРСР створювалася для державного регулювання й обліку мінерально-сировинної бази в умовах соціалістичної економіки, коли держава опікується розвідкою, оцінкою, проєктуванням і відпрацюванням родовищ самостійно.

Звітів, підготовлених згідно з радянською системою класифікації, міжнародні фінансові інститути не визнають, оскільки вважають їх недостатніми для обґрунтування кредиту, лістингу на біржі й т. ін. Підхід до класифікації запасів і ресурсів ґрунту-

ється на ступені вивченості родовищ (по групах) і належності їх до певної групи складності. Експерти сходяться на думці, що категорії ресурсів і запасів радянської класифікації не мають чітких відповідників у визнаних міжнародних класифікаціях, а просте співвіднесення балансових запасів ДКЗ з МР відповідно до шаблону CRIRSCO є спрощеним підходом [8, 7].

Українська класифікація запасів і ресурсів (Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [4]), яка ґрунтується на класифікації РК ООН (UNFC [11]), окрім геологічної вивченості, враховує також критерії економічної й соціальної життєздатності проєкту, а також обґрунтованість освоєння родовища. Ці критерії аналогічні модифікуючим чинникам класифікації CRIRSCO, які дають змогу перевести ресурси в запаси. Тому ці класифікації досить добре узгоджуються.

Унаслідок роботи спеціальної групи експертів з питань класифікації ресурсів було розроблено документ щодо взаємодіювання класифікацій запасів і ресурсів CRIRSCO та UNFC [10]. Спеціалісти Державної Комісії України по запасах корисних копалин зі свого боку розробили проєкт документа щодо єдиних принципів переведення, зіставлення, гармонізації й узгодження таксонів Української класифікації, ґрунтованої на класифікації UNFC, з класифікаційними таксонами шаблону CRIRSCO [5].

Як бачимо на рисунку, сім класів корисних копалин Української класифікації мають безпосередні відповідники в категоріях шаблону CRIRSCO. Класи умовно балансових і позабалансових запасів Української класифікації (211, 221, 222) в шаблоні CRIRSCO визначаються терміном “перспективи можливого промислового добування”, а залишкові (додаткові) недобувні запаси й ресурси (341, 342, 343, 344) під час переведення “Mineral Resources” до “Mineral Reserves” зосереджені в нормативних утратах (охоронні цілики, втрати в бортах кар'єру тощо) [5].

Зазначимо також, що категоризація ресурсів (запасів) корисних копалин в окремих випадках може суттєво відрізнятися не лише за формою, а й по суті. Дуже поширена ситуація, коли родовище розвідане в радянські часи, але щодо нього не збереглася первинна геологічна інформація та інші геологічні “свідчення”: свердловини на місцевості, керн свердловин, точні дані розміщення опробування (включно з інклінометрією свердловин), лабораторія, у якій виконували аналітичні дослідження, та документи про її сертифікацію тощо. У такому разі запаси високих категорій (А, В, С₁) часто не відповідають таким (Measured, Indicated) за міжнародними класифікаціями

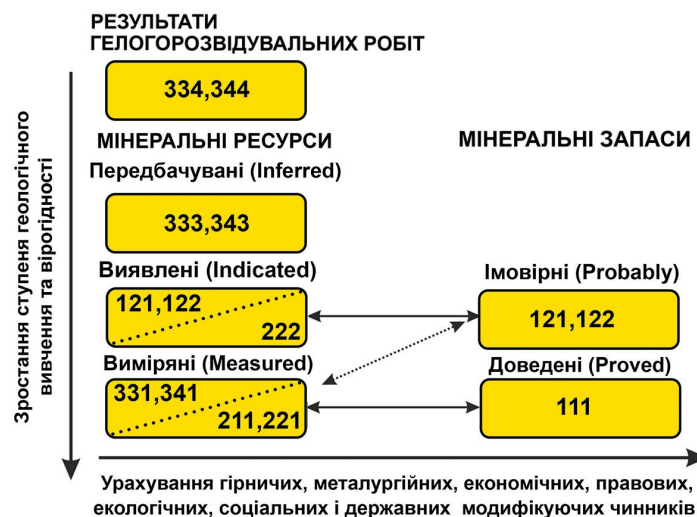


Рисунок. Схема зіставлення категорій Української класифікації із шаблоном CRIRSCO [5]

² Андеррайтер – компанія-учасник ринку цінних паперів, яка відіграє роль посередника між компанією, яка випускає акції (компанією-емітентом), і покупцями акцій та виконує функцію страхування

без додаткових контрольних досліджень оцінок. Остаточного рішення в таких випадках ухвалює компетентна (кваліфікована) особа. Тож важливо, щоб інформація для іноземних інвесторів і спеціалістів про ресурси (запаси) корисних копалин надавалася відповідно до загальноприйнятих міжнародних стандартів.

Є думка [3], що частина чинних регуляторних актів не сприяє залученню інвестицій у галузь, а класифікація запасів, застосовувана в більшості офіційних ресурсів і облікових документів, не дає змоги інвесторам належним чином оцінити якісні та кількісні характеристики українських родовищ і визначити їхню перспективність.

На жаль, Проект нового Кодексу про надра [6] проблеми впровадження в Україні загальноприйнятих у всьому світі міжнародних класифікацій не розв'язує, хоча й покликаний упровадити найкращі європейські практики у вітчизняну сферу користування надрами. Проект передбачає можливість оцінювання об'єкта надрокористування за міжнародними класифікаціями коштом надрокористувача, що й раніше було можливе. Водночас не розглядає можливості оприлюднення в офіційних документах результатів оцінювання ресурсів і запасів родовищ за міжнародними класифікаціями. Це важливо, з огляду на пріоритетні напрями міжнародної співпраці у сфері геологічного вивчення та використання надр, передбачені статтею 187 Проекту Кодексу України про Надра [6].

Висновки. Як уже зазначено, головною класифікацією в Україні є класифікація державного фонду надр [4]. Спільне її використання з міжнародними класифікаціями можливе і є найприйнятнішим варіантом на сьогодні, оскільки перші кроки щодо гармонізації української й міжнародної (CRIRSCO) класифікацій уже зроблені. Але для впровадження та широкого використання визнаних міжнародних класифікацій і стандартів в Україні треба:

- забезпечити використання чинної класифікації запасів і ресурсів державного фонду надр в усіх державних документах, базах даних, реєстрах, балансах і т. ін.;
- надати змогу надрокористувачам зазначати в офіційних документах (Протоколи ДКЗ, Спецдозволи тощо) поряд з українськими класами запасів і ресурсів корисних копалин міжнародні категорії;
- зазначати запаси й ресурси відповідно до визнаних міжнародних класифікацій, у разі наявності, на всіх державних ресурсах, особливо орієнтованих на потенційних інвесторів;
- забезпечити законодавчо та юридично можливість використання визнаних міжнародних класифікацій разом з українською, для чого потрібно внести відповідні зміни до наявної нормативно-правової бази.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баряцька Н. В., Сафронова Н. Г. Застосування міжнародних класифікацій запасів і ресурсів – запорука інвестиційної привабливості українських родовищ//VII Міжнародний геологічний форум “Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво” 02–03 листопада 2020 року, м. Одеса, Україна. Матеріали конференції. – С. 17–23.
2. Баряцька Н. В., Сафронова Н. Г. Особливості застосування міжнародних класифікацій запасів і ресурсів твердих корисних копалин в Україні//Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали ІІІ-ї міжнародної науково-практичної конференції (8–12 жовтня 2018 р., м. Трускавець). – Т. 1. – С. 28–35.
3. Головатенко В. Як перезапустити сферу користування надрами//Економічна правда. – 12 січня 2021 р.//<https://www.epravda.com.ua/columns/2021/01/12/669858/>
4. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (затверджено ПКМУ від 5 травня 1997 р. N 432). – 11 с.

5. Методичні підходи щодо сумісності (зіставлення) Класифікаційної Системи шаблону Комітету з міжнародних стандартів звітності про запаси корисних копалин (“CRIRSCO”) до геолого-економічної оцінки запасів і ресурсів родовищ твердих горючих та рудних корисних копалин, що подаються на державну експертизу і оцінку. Проект. – Київ: Державна комісія України по запасах корисних копалин України, 2021. – 33 с.//https://www.dkz.gov.ua/files/CRIRSCO_2021_Project.pdf

6. Проект Кодексу України про Надра. – 139 с.//https://mepr.gov.ua/files/Проект_Кодексу_України_про_Надра.pdf

7. Середкин М., Урбисинов С. Некоторые вопросы сопоставления Минеральных Ресурсов / Рудных Резервов по кодексам семейства CRIRSCO и запасов / ресурсов по системе ГКЗ//<https://www.minexforum.com/jorc-ni-43-101-i-standarty-gkz-sxodstva-i-otlitchiya/>

8. Твердов А. А. Применение доходных методов оценки стоимости горных компаний для различных целей отчетности//<http://www.imcmontan.ru/files/33.pdf>

9. International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. – Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards, 2019. – 79 p.

10. Revised Bridging Document Between the CRIRSCO Template and UNFC-2009 (1 May 2015)//http://www.criirco.com/docs/Revised_CRIRSCO_Template_UNFC_Bridging_Document.pdf

11. United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009. – New York and Geneva, 2010. – 25 p.

REFERENCES

1. Bariatska N., Safronova N. Application of International Resources and Reserves Classifications – Guarantee of Investment Attractiveness of Ukrainian Deposits//VII Mizhnarodnyi heolohichnyi forum “Aktualni problemy ta perspektyvy rozvytku heolohii: nauka i vyrobnytstvo” 02–03 lystopada 2020, Odesa, Ukraina. Materialy konferentsii. – P. 17–23. (In Ukrainian).
2. Bariatska N., Safronova N. Features of Application of International Solid Mineral Reserves and Resources Classifications in Ukraine//Nadrokorystuvannia v Ukraini. Perspektyvy investuvannia. Materialy Piatoi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Truskavets, 8–12 zhovtnia 2018). – V. 1. – P. 28–35. (In Ukrainian).
3. Holovatenko V. How to restart the subsoil use area//Ekonomichna pravda. – 12 sichnia 2021 r.//<https://www.epravda.com.ua/columns/2021/01/12/669858/> (In Ukrainian).
4. Classification of mineral reserves and resources of the state subsoil fund (approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 5, 1997 N 432). – 11 p. (In Russian).
5. Methodological approaches regarding the alignment (comparison) of the Classification System of the Template of the Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO) with the reserves and resources geological and economic assessment of solid fuels and ore minerals deposits, which are submitted for state expert assessment and evaluation. Draft. – Kyiv: Derzhavna komissiia Ukrainy po zapasakh kopalyn Ukrainy, 2021. – 33 p.//https://www.dkz.gov.ua/files/CRIRSCO_2021_Project.pdf (In Ukrainian).
6. Draft Subsoil Code of Ukraine. – 139 p.//https://mepr.gov.ua/files/Проект_Кодексу_України_про_Надра.pdf (In Ukrainian).
7. Serjodkin M., Urbisynov S. Some issues of comparison of Mineral Resources / Ore Reserves according to the CRIRSCO family codes and reserves/resources according to the GKZ system//<https://www.minexforum.com/jorc-ni-43-101-i-standarty-gkz-sxodstva-i-otlitchiya/> (In Russian).
8. Tverdob A. Application of profitable methods for assessing the value of mining companies for various reporting purposes//<http://www.imcmontan.ru/files/33.pdf> (In Russian).
9. International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. – Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards, 2019. – 79 p.
10. Revised Bridging Document Between the CRIRSCO Template and UNFC-2009 (1 May 2015)//http://www.criirco.com/docs/Revised_CRIRSCO_Template_UNFC_Bridging_Document.pdf
11. United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009. – New York and Geneva, 2010. – 25 p.

Рукопис отримано 16.02.2021.

УДК 553.411.071

 <https://doi.org/10.31996/mru.2021.1.8-17>

Г. І. РУДЬКО, д-р геол.-мінерал. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук, професор, голова Державної комісії України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна, office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7752-4310>,

В. Е. КАРЛИ, заступник голови Державної комісії України по запасах корисних копалин з рудних, нерудних та твердих горючих корисних копалин, м. Київ, Україна, office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4054-0127>

H. RUDKO, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Doctor of Geographical Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine, office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7752-4310>,

V. KARLY, Deputy Chairman of the State Commission of Ukraine on Mineral Resources on Ore, Non-Metallic and Solid Combustible Minerals, Kyiv, Ukraine, office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4054-0127>

ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ ЗОЛОТА В МЕЖАХ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА (на прикладі Майського родовища золота)

PROSPECTS OF GOLD MINING WITHIN THE UKRAINIAN SHIELD (by the example of Maiske gold ore deposit)

Розглянуто головні аспекти перспектив і шляхів створення золотодобувної галузі України як джерела наповнення золото-валютних резервів і складової частини високотехнологічного виробництва. Висвітлено останні тенденції ЄС щодо гірничодобувної промисловості. Наведено стислі відомості щодо золотоносності архейсько-протерозойських комплексів світу. Надано геологічну характеристику найвищених золоторудних проявів Українського щита (УЩ), на яких можливо розпочати видобуток. Показано подібність проявів УЩ до відомих докембрійських золоторудних родовищ світу. На прикладі Майського родовища охарактеризовано стан вивчення й комерційну привабливість золоторудних об'єктів УЩ для подальших робіт. Розглянуто методичні підходи під час проведення геолого-економічної оцінки золоторудних об'єктів. Окреслено основні невирішені проблеми під час проведення досліджень і способи їхнього розв'язання.

Ключові слова: золото, золоторудні родовища, докембрійські провінції, зелені кам'яні пояси, структурний контроль, метасоматит.

The main aspects of perspectives and ways to create the gold mining industry of Ukraine as a source of replenishment of gold and foreign exchange reserves and an integral part of high-tech production have been considered. The latest EU trends in the mining industry, which have led to an increase of investment in geological exploration and, as a consequence, discovery and exploitation of new gold deposits, have been described. Brief information on the gold-bearing Archean-Proterozoic complexes of the world, which indicates a high concentration of deposits within the gold ore areas, has been given. The concentration of deposits is observed in zones of tectonic disturbance and metasomatic change of rock complexes, contrasting in composition. The geological characteristics of the most studied gold ore manifestations of the Ukrainian Shield (USH), where after additional studies it is possible to indicate industrial concentrations with significant increase of gold resources and start the production, have been presented. Similarities between USH manifestations and known Precambrian gold ore deposits of the world have been demonstrated. These are gold ore deposits of Precambrian green-stone belts and metamorphogenic-hydrothermal systems, so-called shear-zones of orogenic mesothermal type. Gold deposition is generally associated with sulfidization and associated quartzization and/or carbonation, the mineralization stage is preceded by albitization. Gold deposits were formed in several episodes over 2.1–1.8 billion years. Mostly native gold has a high proof quality, inherent associations with arsenic, tellurium and bismuth. The process of ore formation is multi-stage. The state of exploration and commercial attractiveness of USH gold ore objects for further works have been described by the example of the Maiske deposit. Methodological approaches to geological and economic assessment of gold ore objects have been considered. It has been demonstrated that determination of the gold content has been performed without taking into account the presence of gold particles of significant size and therefore its average content cannot be considered proven. Lack of information obtained during mining exploration leaves room for significant changes in the spatial and qualitative parameters of mineralization. Main unresolved problems, detected during researches, and ways to solve them have been outlined. Mining exploration of certain deposits will highlight the prospects of previously established gold ore areas.

Keywords: gold, gold ore deposits, Precambrian provinces, greenstone belts, structural control, metasomatite.

З точки зору інвестиційної привабливості гірничодобувної галузі, разом з політичною стабільністю та лояльним законодавчим полем, найвагомішими чинниками є пошукова й промислова перспективність регіону. Пошукова перспективність напряму пов'язана з геологічною будовою, а вона, окрім природних чинників, є відображенням ступеня геологічної вивченості. Промислова привабливість – це інтегральний показник, який залежить від багатьох складників, таких як географічне розміщення, інфраструктура, кадровий потенціал, ставлення суспільства до нових проєктів тощо.

Україна є промислово привабливою, тому що має доволі розвинену інфраструктуру з автомобільними, водними й залізничними шляхами, джерелами і способами постачання

електричної енергії й води, засобами комунікації та умовами для мешкання. Має загалом високий рівень освіти й досвідчених фахівців гірничої та геологічної справи. Має дуже позитивне ставлення суспільства та влади до розвідки й видобутку і розміщується на шляху до Європи, що неминуче приведе до гармонізації законодавчого простору та спрощення транскордонних переміщень продукції.

Країни ЄС останні кілька десятиліть імпортують більшу частину мінеральних ресурсів, дуже піклуються про екологію, тому питання щодо довкілля ретельно розглядають і жорстко регулюють.

Проте, з 2008 р. у Брюсселі Європарламент розглядає “Сировинну стратегію” (Raw Materials Strategy). Вона закликає підтримувати й розвивати гірничу промисловість ЄС, а також видозмінювати місцеві закони й орієнтувати їх на

підтримку видобутку корисних копалин. Політичний клімат в Європі стає сприятливішим для видобувачів. Компанії розширюють геологорозвідувальну діяльність (у Норвегії сектор подвоївся з 2009 до 2011 років), спрямовану насамперед на метали: нікель, платинову групу, золото, залізо й рідкісно-земельні елементи [3].

Це зумовлено змінами в гірничому законодавстві, так у Фінляндії Закон про надра став простий: якщо ділянка ніким не зайнята і не підпадає під деякі обмеження, то перший, хто подав на неї заявку, отримує впродовж двох тижнів пошукову ліцензію, плата за яку в розмірі 370 євро стягується за один блок 9 км². Якщо із завершенням пошуків ухвалено рішення щодо подовження робіт з детальнішими роботами (буріння, траншеї), потрібно отримати розвідувальну ліцензію, яка цілком доступна для малих юніорських компаній.

Золото є типовою корисною копалиною докембрійських зеленокам'яних поясів (ЗКП), за даними багатьох авторів, на його частку припадає близько 30 % видобутку золота у світі. Чимала роль у формуванні великих золоторудних родовищ світу належить метаморфогенно-гідротермальним системам, так званим shear-zone орогенного мезотермального типу. Це провідний промисловий тип корінного золота, другий за продуктивністю після Вітватерсранду.

Епігенетичні золоторудні родовища зазвичай групуються в рудні вузли й пояси. Так, наприклад, понад 25 родовищ золота сконцентровані в поясі Норсмен-Уїлуна. Шість з них входять у десятку найбільших родовищ Західноавстралійського щита. Золоторудна мінералізація цих родовищ приурочена до кварцових жил у контактних роговиках і тремолітових скарнах поблизу інтрузій гранітоїдів (Кулгарди), а також до зон розсланцювання з дайками кварцових та альбітових порфірів (Норсмен, Марароа, Краун), вкраплені руди характерні для зон розсланцювання метавулканітів (Калгурлі), для скарнів по метакоматітах (Неворія, Баунті, Марвел-Лох) і для джеспілітів (Хілл-50).

Найбільшими золоторудними районами кратону Сьюпіріор (Північна Америка) є Тіммінс, Буська, Керкленд Лейк і Валь-д'Ор (пояс Абітібі), Хемлі в поясі Вава, Ред Лейк у поясі Учі. Родовища золота й тут мають компактне розміщення. Так, чотири родовища в районі Хемлі зосереджені в рудоносній зоні протяжністю 2,9 км з вертикальним розмахом 1,3 км і потужністю 3–45 м, 26 із 33 найбільших родовищ, які розробляють у межах Канадського щита, містяться в поясі Абітібі.

Основу геологічної будови Феноскандії становлять потужні товщі архею й протерозою. Архей представлений переважно гнейсами й гранітами, які зазнали істотного метаморфізму й дислокації. Протерозойські відклади різноманітніші, за складом – це кварцити, кристалічні сланці, пісковики, мармури, частково гнейси. І архейські, і протерозойські масиви ускладнюють зеленокам'яні пояси. Залягання практично всіх структур майже вертикальне, простягання в межах більшої частини північно-західне і їх перетинають великі розломи. Льодовики своїми відкладами майже суцільно перекрили кристалічні породи.

Золото на Балтійському щиті було відомо з далеких часів (рис. 1). Сучасними геологорозвідувальними роботами розкривається потенціал території щита на новому рівні, виявлено вже сотні проявів, на деяких діють рудники.

Видобувають золото в районі Шеллефтео (Швеція). Наприклад, родовище Boliden належить до одного з найбагатших родовищ золота вулканогенного масивного сульфідного типу.

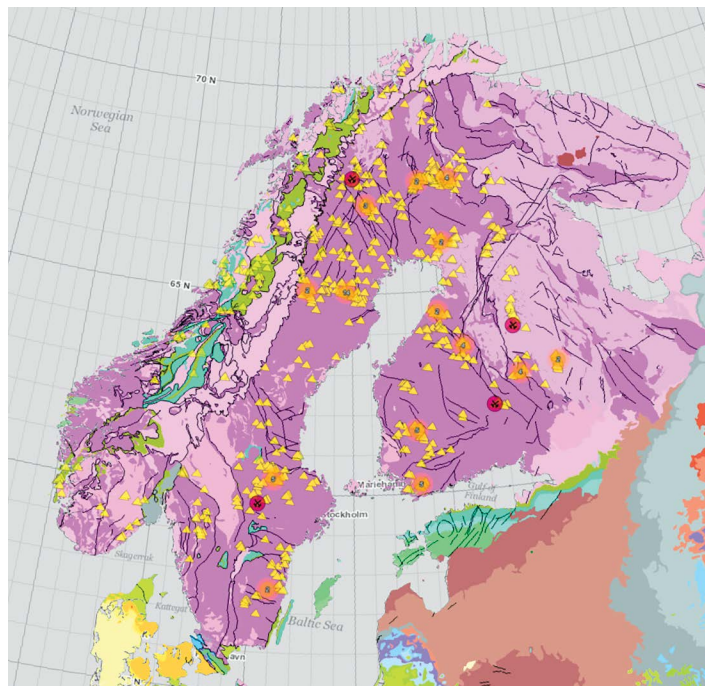


Рис. 1. Прояви золота Феноскандії та рудники [14]. Червоним кольором позначено діючі рудники, жовто-коричневим – ті, що будуються

Доведені запаси родовища Kittila в золотоносному районі Suurikuusikko становлять 26 млн т руди із вмістом золота 4,8 г/т. Вражають темпи освоєння, так родовище Björkdal із запасами золота 62 т відкрито 1983 року, а 1988 року вже отримано концентрат.

Близько 40 компаній працюють у геологорозвідувальному секторі Фінляндії. 2012 року вони витратили на геологорозвідку близько 80 млн євро. Річний видобуток руди на металевих рудниках Фінляндії зріс із 4 млн т 2000 року до понад 80 млн т 2015 року. Інвестиції в гірничий сектор у 2012–2016 рр. становили понад 3 млрд євро.

У зоні феноскандинавського трансекту (FENGOT) (рис. 2) відомо 196 родовищ і проявів семи різних генетичних типів, де золото є основним економічним металом.

Орогенні родовища золота, оксиду заліза-міді-золота й мідно-порфірового типу є найчисленнішими в районі FENGOT, до них належить 181 зі 196 об'єктів. Родовища золота палеопротерозойського орогену зосереджені пере-

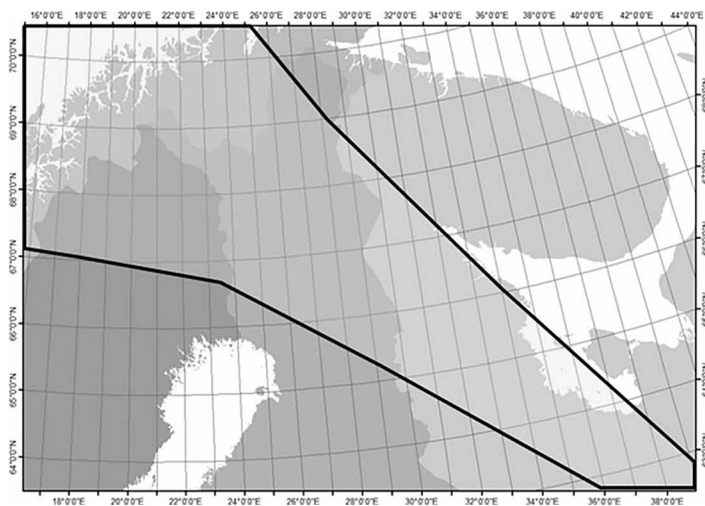


Рис. 2. Карта розміщення трансекту FENGOT

важно в супракрустальних породах віком 2,44–2,0 млрд років. За асоціацією металів відомі родовища можна поділити на два підтипи: один з металевою асоціацією Au-Ag, As, B, Bi, Sb, Te, W, яка характерна для орогенних родовищ золота, та інший – атиповий з підвищеним вмістом Cu, Co, Mo, Pb, Zn, Ba і/або Mo.

Відомі родовища демонструють чіткий структурний контроль, розміщуються в зонах зсуву або насуву. Осадження золота загалом пов'язане із сульфідизацією і пов'язаними з нею окварцюванням та/або карбонатизацією, стадії мінералізації передують інтенсивна альбітизація. Орогенні родовища золота формувалися в кілька епізодів упродовж 1,91–1,79 млрд років.

Іншою структурою, подібною до Українського щита за будовою, є Воронежський кристалічний масив, у межах якого відомі прояви золоторудної й золото-платинової мінералізації. Промислово значуще благородно металічне зруденіння палеопротерозою представлене переважно сульфідною платино-золотовмісною мідно-нікелевою рудною формацією, а архейська гранітозеленокам'яна ділянка, окрім унікальних родовищ залізних руд, вміщує скупчення золота й платиноїдів, що концентруються в різновікових і різноформаційних структурно-речовинних комплексах.

Україна слабо вивчена, порівнюючи з Канадою, Австралією, Західною Африкою, Феноскандією, які мають площі зі схожими геологічними структурами й чималими родовищами корисних копалин. У межах УЩ впевнено можна очікувати виявлення подібних структур, висока перспективність на золото визначається, з одного боку, геологічною будовою, а з іншого – наявністю рудопроявів і точок мінералізації.

Однак, попри численні геологічні передумови й знахідки золоторудної мінералізації, потенціал золотоносності УЩ украй недооцінено. На жодному з потенційних родовищ роботи незавершено та наразі неможливо дійти висновку щодо доцільності видобутку або недоцільності подальших робіт. Далі, під час характеристики, під терміном “родовище” треба розуміти об'єкт з достовірно невизначеними параметрами та недоведеним промисловим значенням.

Тим не менше, уже безперечно визначена золоторудна провінція УЩ, пов'язана з глибокометаморфізованими докембрійськими комплексами [1]. У її межах виділяється Придніпровська структурно-металогенічна зона (СМЗ) (родовища Сергіївське, Балка Золота, Южне, Балка Широка), Кіровоградська СМЗ (родовища Клишівське та Юр'ївське), Голованівська СМЗ (родовище Майське), Східноприазовська СМЗ (родовище Сурозьке) та інші з виявленими проявами золота (рис. 3).

У докембрії УЩ, як і на інших докембрійських щитах світу, виділяють дві металогенічні епохи, найсприятливіші для золоторудної мінералізації: мезоархейська (3100–2600 млн років), мінералізація якої пов'язана із ЗКП, і палеопротерозойська, пов'язана з тектономагматичною активізацією (2100–1800 млн років). У родовищах мезоархейської епохи виділяють три основних типи золоторудної мінералізації:



Рис. 3. Схема розміщення родовищ благородних металів України [1]:

металогенічні зони: I – Закарпатська; II – Мармароська; III – Сущано-Пержанська; IV – Кірово-Кочерівська; V – Придністровська; VI – Тальнівська; VII – Первомайсько-Трахтемирівська; VIII – Кіровоградська; IX – Верхівцівсько-Сурсько-Чортомлицька; X – Конксько-Білозерська; XI – Нагольчанська. Родовища: 1 – Беганське; 2 – Березівське; 3 – Мужіївське; 4 – Сауляк; 5 – Майське; 6 – Клишівське; 7 – Юр'ївське; 8 – Балка Золота; 9 – Сергіївське; 10 – Южне; 11 – Балка Широка; 12 – Сурозьке; 13 – Журавське; 14 – Гострий Бугор; 15 – Бобрівське

1) золотоносні мінералізовані зони; 2) золотоносні кварцові й кварц-карбонатні жили; 3) стратиформна мінералізація в залістистих кварцитах. Зруденіння представлене зонами тонкої вкрапленості, жилами й штокверками.

Прикладом мезоархейської епохи зруденіння є родовище Сергіївське, яке розміщене у південній частині Сурської зеленокам'яної структури (ЗКС) у зоні перетину Девладівського й Дніпродзержинського розломів (рис. 4). У Сурській ЗКС, містяться родовища Сергіївське, Балка Золота й Південний прояв золота, які приурочені до єдиного рудного поля у південній частині структури [1, 9]. Стратифіковані утворення Сурської ЗКС становлять породи конкської серії, складені переважно метавулканогенними утвореннями нормального ряду від ультраосновного до кислого складу.

Зруденіння локалізується в зоні розсланцювання як у всячому, так і лежачому боках субвулканічного тіла гранодіорит-порфірів, що занурюється у північному напрямку під кутом 50–70°. Найбагатіша його частина тягнеться до інтенсивно дислокованих ділянок, у місцях перетину зон розсланцювання й дроблення. Контролюють зруденіння зони кварц-карбонат-амфіболових метасоматитів. Найважливіші мінералогічні типи руд: 1) золото-срібло-вісмут-телури; 2) золото-мідно-молібденові; 3) золото-сульфідні. Пробність золота змінюється від 810 до 950. Майже все золото в рудах самородне.

Родовище “Балка Золота”, розміщене в межах цієї ЗКС, належить до золото-кварцового жильного типу, приурочене до штоку кварцових кератофірів (3150–3070 млн років). Рудні тіла представлені зонами прожилково-вкрапленої сульфідної мінералізації в субширотних зонах окварцювання. За морфологією рудних тіл виділяють: 1) лінійні штокверки в зонах розсланцювання з кварц-карбонатним прожилкуванням і малою роллю сульфідів (піриту й піротину) (1–3 %), телуридів і сульфосолей; 2) кварцові й карбонатні жили.

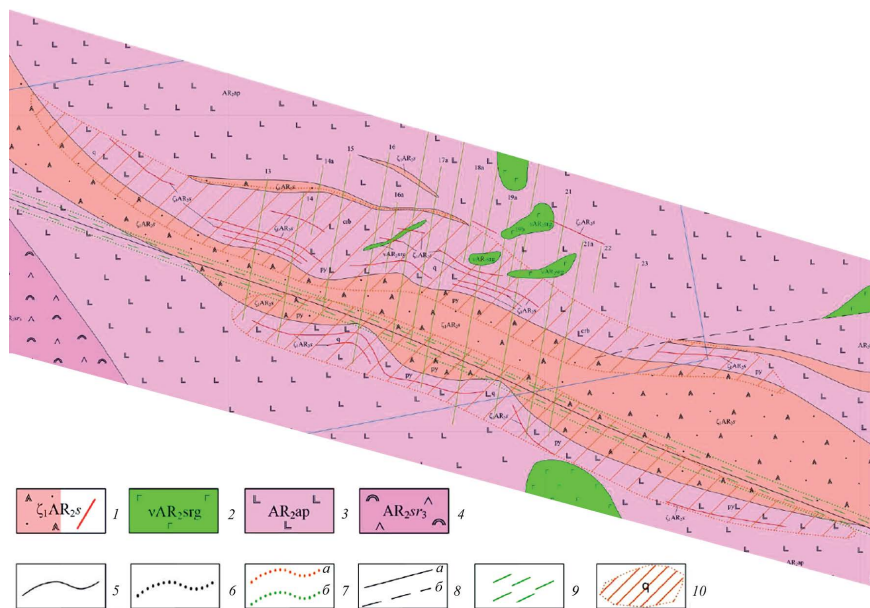


Рис. 4. Геологічна схема Сергіївського родовища золота (М. А. Козар та ін., 2009):

1 – сурський інтрузивний комплекс, метаморфізовані субвулканічні порфірові дацити й ріодацити; 2 – асоціація сергіївських інтрузивних габроїдів, метаморфізовані габродолерити, долерити, габро; 3 – аполонівська товща, метаморфізовані толейтові базальти; 4 – третя підсвіта сурської світи, метаморфізовані туфолави основного складу, смугасті залізисті кварцити; 5 – межі різновікових підрозділів; 6 – фаціальні межі між одновікових утворень; 7 – межі змінених порід (а – метасоматитів; б – тектонітів); 8 – розривні порушення (а – достовірні; б – імовірні); 9 – катаклазити; 10 – гідротермально-метасоматично змінені породи (окварцовані, сульфідизовані, карбонатизовані)

Ще один приклад – родовище “Балка Широка”, яке розміщене в межах південно-західної частини Широкобалківської палеовулканічної кільцевої структури (ШПКС) Східно-чортомлицької тектонометасоматичної зони Чортомлицької ЗКС (рис. 5). Характерною геолого-структурною ознакою ШПКС, порівнюючи з іншими палеовулканами району, є наявність кільцевих і радіальних структурних елементів,

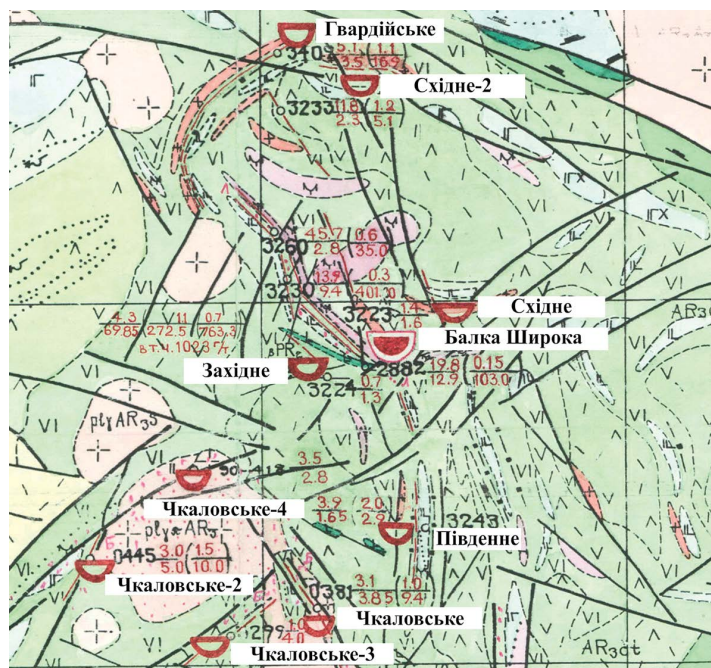


Рис. 5. Прояви золота північно-східної частини Чортомлицької ЗКС (матеріали КП “Кіровгеологія”)

які складені дайкоподібними інтрузивними тілами самого різного складу – від кислого до ультраосновного, які належать до верхівцівського й сурського комплексів (за матеріалами КП “Кіровгеологія”, 1997 р.).

У південно-західній частині структури, у її прикордонній зоні, локалізуються тектонометасоматичні структури, які містять промислове золоте зруденіння родовища “Балка Широка”.

Породи родовища метаморфізовані в умовах фації зелених сланців і вздовж тектонічних порушень перетворені в метасоматити лиственітового, пропілітового й березитового рядів, які мають рядове й убоге золоте зруденіння. Під час подальшого інтродукування відбулося утворення січних золотоносних зон. Метасоматити розвинені по усіх петрографічних типах порід, а контрастність змін залежить від складу порід. Здебільшого зони метасоматичних перетворень основних порід, у їхніх внутрішніх частинах, представлені кварц-серіцит-карбонатними метасоматитами. Водночас часто в центральних частинах метасоматитів спостерігаються альбіт-карбонат-кварцові асоціації. Переважна частка зруденіння в породах (80–86 %) пов’язана з метасоматитами. Пробність вільного золота становить 850–960. За мінеральними асоціаціями виділяється п’ять мінеральних типів руд.

Найпоширеніший із них – золото-кварцовий, до якого належить 76 % руд. Вміст сульфідів у ньому не перевищує 5 %.

Сурозьке золоторудне родовище міститься в межах Сорокинської ЗКП, локалізоване в товщі перешарування залізистих кварцитів, тремолітитів, амфіболітів і кристалосланців, ускладнених вузлом перетину Скіфського, Січного й Степового тектонічних розломів. Породи гідротермально-метасоматично змінені (за матеріалами КП “Кіровгеологія”, 1996 р.). Понад 50 % виявлених ресурсів золота вміщують залізисті кварцити. На родовищі виявлено чотири рудні тіла з промисловим вмістом золота. Усі рудні тіла мають жильну форму, субширотне простягання (260–300°) і падіння на південь під кутом 70–88° (рис. 6). Руда являє собою тонку сітку (міліметри, частки міліметрів) пірит-піротин-кварцових прожилків у біотит-кварцових метасоматитах.

За мінеральним складом руди Сурозького родовища належать до золото-сульфідно-кварцового типу. Рудні мінерали в рудах представлені сульфідами (найпоширеніші піротин і пірит), арсенідами, оксидами і золотом.

Самородне золото асоціює з тонко-дрібнозернистим, часто перетертим кварцом, халькопіритом, піротином, піритом, карбонатом, біотитом, хлоритом. Найбільші ідіоморфні виділення золота досягають 0,1–0,15 мм, інколи 2 мм і містяться у кварці, а тонкодисперсні з розмірами до 0,005 мм – у сульфіді. За мінералого-технологічними дослідженнями руд Сурозького родовища основна маса золотин має розмір від 0,07 до 0,5 мм (за матеріалами КП “Кіровгеологія”, 1996 р.).

Представником золоторудних об’єктів, пов’язаних з палеопротерозойською тектономагматичною активізацією є Клинівське родовище, розміщене в зоні субмеридіонального Кіровоградського глибинного розлому, у східному екзоконтакті Новоукраїнського масиву гранітоїдів, на півночі

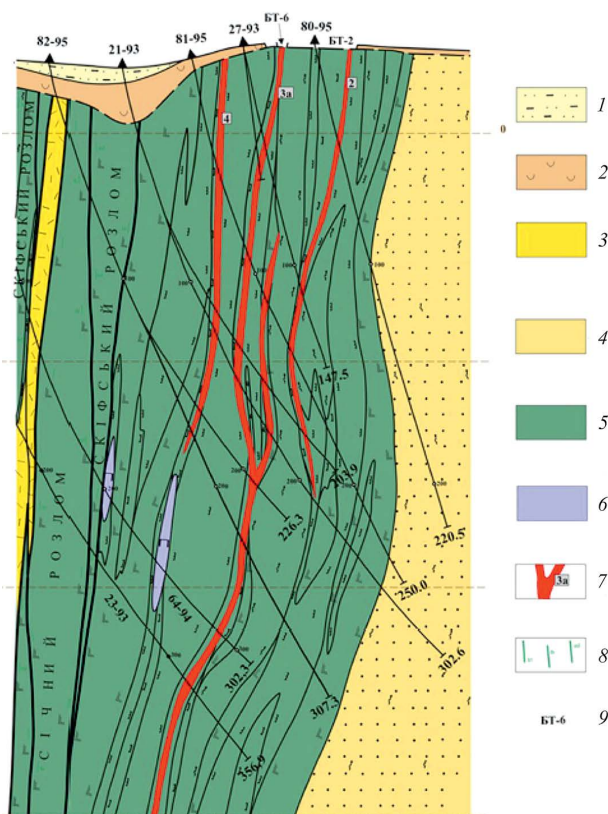


Рис. 6. Геологічний розріз головної рудної зони Суразького родовища. Буровий профіль 1 [12]:

1 – осадовий чохол; 2 – кора вивітрювання; 3 – суразька світа (метаріоліти, метаріодацити); 4 – крутобалківська світа (сланці біотитові, гранат-біотитові, глиноземисті (кордієрит-ставролітові), метапеліковики, металеуrolіти, метааргіліти, метаконгломерати); 5 – ольжинська світа (метабазальти, метаконатіти, метатифи основного складу, сланці амфіболові, біотитові, гранат-біотитові, залістисті кварцити); 6 – сорочинський комплекс (дуніти, перидотити, габро); 7 – рудні тіла; 8 – зони тектонічних порушень (катаклазити, тектонічні брекчії, мілоніти); 9 – бульдозерні траншеї

Клинцівсько-Конівської металогенічної зони, у блоці, обмеженому з півночі Масляниківським і на півдні Сасівським розломами субширотного простягання.

Породи, що вміщують зруденіння, представлені метасоматично зміненими гнейсами чечеліївської світи протерозою (3195±200 млн років). Вміщувальні породи – переважно паропороди плагіоклазового ряду, які поділяють на дві групи – плагіогнейси й кристалосланці.

До Клинцівсько-Конівського розлому приурочені Західно-Клинцівська та Клинцівська рудні зони, витягнуті в субмеридіональному напрямку (рис. 7). У їхніх межах породи будиновані й насичені кварц-польовошпатовими прожилками, збагаченими сульфідами. У межах зон виявлено ділянки інтенсивної біотитизації та амфіболізації, де розвинені кварцові жили й тонкопрожилкове (штокверкове) окварцювання та виділяються локальні рудні тіла, для яких характерні катаклази й наявність сульфідів і самородного золота.

У рудних зонах переважають дайкоподібні ортопороди, з-поміж яких виділяються діопсидові кристалічні сланці, амфіболіти, біотит-амфіболові кристалосланці, лептитові гнейси. У рудній зоні спостерігаються підвищений вміст золота та аномальні концентрації арсену (від 0,1–0,3 до 1,0 %), вісмуту (до 0,001 %), частково вольфраму й міді [10].

Переважає золото-кварцовий тип зруденіння, менш розвинений – золото-сульфідно-кварцовий. Рудні мінерали: льолінгіт, арсенопірит, пірит, піротин, халькопірит, герсдорфіт, сфалерит, галеніт, ітріаліт, магнетит, ільменіт, самородні вісмут та арсен. Золото зосереджене в зальбандах і приконтаткових частинах прожилків. Виділяють три етапи формування зруденіння: 1) дорудний (турмалін-кварцова й шееліт-кварцова асоціації); 2) продуктивний (льолінгіт-арсенопірит-кварцова, арсенопірит-піротин-кварцова, золото-сульфідно-кварцова асоціації); 3) пострудний (карбонат-кварцова асоціація).

Під час інтенсивної серпентинізації й серицитизації фіксується розкладання темноколірних мінералів з утворенням жовтуватого-зеленуватих “сипучок”. На цих ділянках вміст золота завжди перевищує 5,0 г/т. Визначено дві генерації золота: тонкодисперсне в арсенопіриті й вільне, парагенетично пов'язане із самородним вісмутом. Із золото-вісмутовою асоціацією пов'язаний ураганий вміст золота (до 200 г/т). Є золото високої (970–990) і середньої проби (880–930). Ізотопні дослідження сульфідів із золотоносних ділянок родовища засвідчили, що їхній вік наближається до $2,0 \pm 0,15$ млрд років.

Як приклад досить перспективного об'єкта, пов'язаного з палеопротерозойською тектономагматичною активізацією, розглянемо Майське родовище золота, розміщене на південно-східній околиці смт Саврань Одеської області,

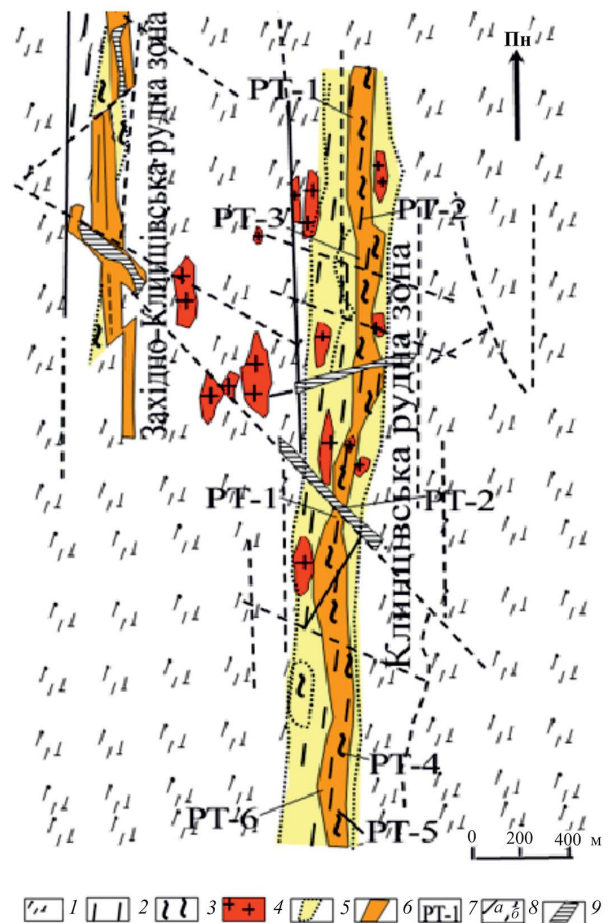


Рис. 7. Структурна схема Клинцівського родовища [13]:

1 – флішова метаграувакова формація (чечеліївська світа); 2 – перешарування біотитових, кордієрит-біотитових, слюдистих метасоматитів і скарноідів; 3 – перешарування амфібол-біотитових метасоматитів, слюдистих і скарноідів; 4 – пегматоїдні граніти; 5 – тектонометасоматичні зони; 6 – рудні зони; 7 – рудні тіла; 8 – розломи (а – достовірні; б – передбачувані); 9 – зони подрібнення

у промислово-розвиненому регіоні, який забезпечений розгалуженою мережею автомобільних та залізничних доріг і достатньою кількістю кваліфікованої робочої сили та має всі умови для проведення як геологорозвідувальних, так і видобувних робіт будь-якої складності (за матеріалами КП “Кіровгеологія”, 1997 р.).

Поблизу родовища проходить асфальтна дорога Саврань-Завалля (рис. 8). Найближча залізнична станція розміщується за 12 км від родовища. Через родовище проходять дві лінії електропостачання потужністю 19 кВ, а ЛЕП – 35 кВ проходить за 2 км на північ від родовища. Води на Майському родовищі в осадовому чохла й кристалічному фундаменті належать до питних, тому не буде проблеми з водопостачанням гірничорудного підприємства.

Майське родовище та інші рудопрояви золота Саврансько-Синицівської площі утворюють субмеридіонально орієнтовану структурну ділянку завширшки 15–20 км (рис. 9) [8].

Структурне положення золоторудного поля визначається приуроченістю до зони зчленування Гайворонського й Голованівського блоків, родовище розміщене в західній частині Голованівської шовної зони. Структурою родовища, що контролює руду, є подібне до флексури ускладнення північно-східного крила Савранської синклінали в зоні субширотного шарнірного підкиду зі зміцувачем, що має круте падіння.

За даними співробітників Львівського національного університету імені Івана Франка, які вивчали родовище з позицій формаційного аналізу, відокремлений Синицівський блок характеризується найменш повним розрізом побужького структурно-формаційного комплексу (за матеріалами А. О. Сіворонова та ін., 2000 р.). На сучасному зрізі виявлено утворення гіперстенової гнейсо-кристалосланцевої та лейкогранулітової суперкрустальних формацій і супутніх плутоно-метаморфічних формацій.

У межах Синицівського блока всі породи інтенсивно діафторовані в умовах амфіболітової фації, унаслідок чого первинна формаційна належність підрозділів визначається лише на основі подібності до стратотипів, особливостей внутрішньої впорядкованості, загального складу, а також реліктів вихідних мінеральних асоціацій гранулітової фації (за матеріалами А. О. Сіворонова та ін., 2000 р.).

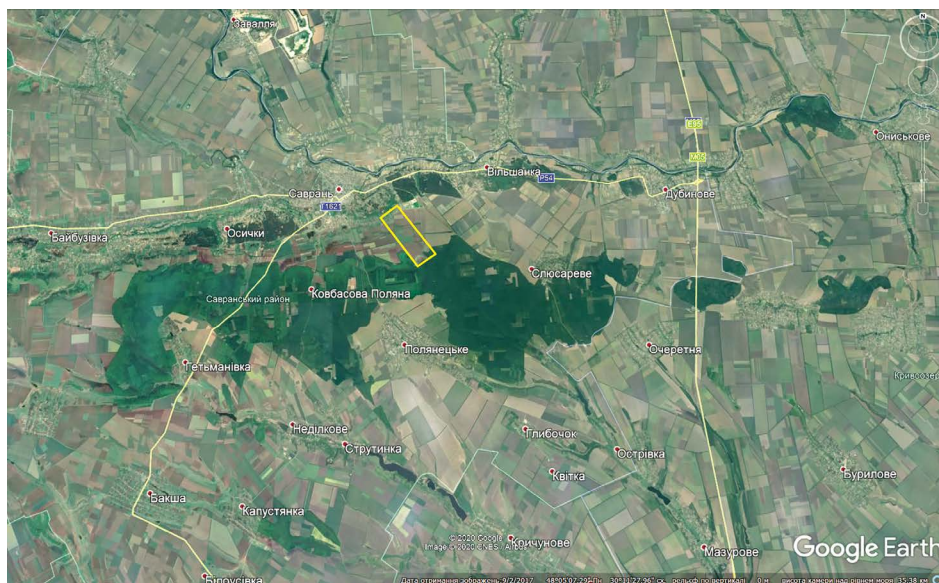


Рис. 8. Схема розміщення Майського родовища

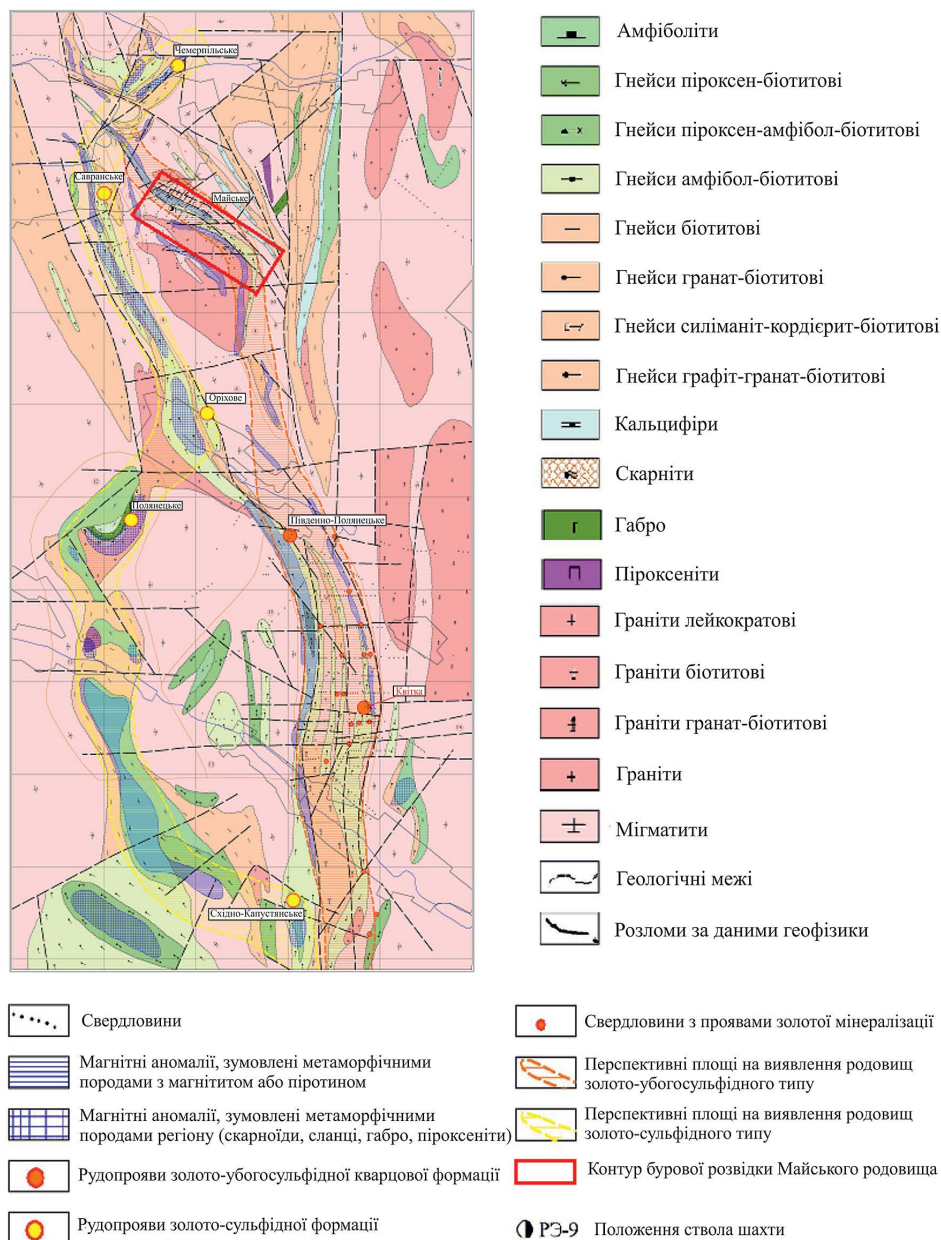


Рис. 9. Геолого-прогнозна схема Саврансько-Синицівської площі

Саврансько-Синицівській площі притаманні всі характерні особливості шовної зони: розгалужена сітка розломів, що слугували каналами руху флюїдів тривалого існування; багатоактний процес метаморфічних перетворень у супроводі інтенсивних деформацій; площинний розвиток процесів ультраметаморфізму й гранітизації із формуванням ультраметаморфогенних гранітів. Розміщення всіх золоторудних об'єктів Саврансько-Синицівської площі контролюється системою розломів із зонами інтенсивного зминання та гранітизації вміщувальних порід.

Породний комплекс площі розміщення Майського родовища формувався впродовж тривалого часу і його склад визначається сукупністю неодноразово проявлених процесів метаморфізму, ультраметаморфізму, гранітоутворення та постультраметаморфогенного метасоматозу. Унаслідок на місці супракрустальних утворень, наближених за складом до гранітів, сформувалися плутоно-метаморфічні формації, для яких є типовим тісний просторовий і генетичний зв'язок гранітоїдних новоутворень з породами субстрату, зокрема успадкування гранітоїдами мінерального й хімічного складу супракрустальних порід.

Тектонічна позиція визначається поєднанням діагональних і субмеридіональних систем розломів, згідних з простяганням елементів глибинної Y-подібної структури. Північно-західна частина цієї структури збігається з Хмільницьким, а північно-східна – з Тальнівським розломами. Від зони зчленування цих розломів у субмеридіональному напрямку трасується Одеський розлом. Він розділяє побузький комплекс на два блоки: Гайворон-Завалівський (західний) і Первомайсько-Голованівський (східний). Майське родовище тягнє до борта Гайворон-Завалівського блока й контролюється субмеридіонально орієнтованою парою тектонічних порушень системи Одеського розлому.

Попри наявність на площі родовища досить широко виявлених тектонічних розривних порушень різного орієнтування, їхня роль у локалізації золотого зруденіння залишається досить не зрозумілою. Загальна особливість розривної тектоніки – круті кути падіння в межах 80–90° окремих швів, мілонітів і бластомілонітів. У рудних інтервалах за керном свердловин зазвичай відзначають найчастіші скупчення цих структурних елементів.

За Державною геологічною картою масштабу 1:200 000 (лист М-36-XXXI, видання 2002 р.) вважається, що золоторудні утворення Савранського рудного поля (СРП) (зокрема і Майського родовища) контролюються амфіболіто-гнейсовим комплексом, аналогічним утворенням росинсько-тікицької серії, який у вигляді фрагментів розвинений у межах СРП. За чинним стратиграфічним розчленуванням метаморфогенні товщі Дністрово-Бузького району належать до бузької серії пізнього архею, вона з деяким ступенем умовності розчленовується на дві світи.

Нижня кошаро-олександрівська світа складена високоглиноземистими гнейсами силіманіт-біотитового, амфібол-біотитового складу, інтенсивно гранітизованими й перетвореними в біотитові та амфібол-біотитові мігматити, прорвані пегматоїдними й лейкократовими гранітами, що вміщують турмалін і силіманіт. Світа складає Майську антикліналь, затиснуту між двома синкліналями, до якої приурочена розвідана частина родовища. Верхня, хащувато-завалівська світа, складена кальцифірами, залізистими кварцитами, піроксен-магнетитовими, біотит-амфіболітовими, гіперстеневими гнейсами, сланцями й мігматитами, прор-

ваними малими інтрузіями піроксенітів. Цими комплексами порід складені синклінальні прогини на схід – північний схід і захід – північний захід від Майської антикліналі. Породи, які вміщують руду нижньої світи, зараховані до ультраметаморфічних та інтрузивно-магматичних утворень лейкогранулітової формації, а метаморфізовані осадово-вулканогенні утворення синклінальних прогинів – до гіперстеневої гнейсо-кристалосланцевої формації (за матеріалами КП “Кіровогеологія”, 1997 р.).

Власне, Майське родовище приурочене до північно-східного екзоконтакту Південного масиву лейкократових гранітів і південно-західного екзоконтакту Північного масиву гранітів з турмаліном (рис. 10). Південний масив має великі останці гнейсів і мігматитів та супроводжується утвореннями малих інтрузивних масивів-сателітів. Імовірно, що формування складчастості товщі пізньо-архейських утворень відбувалося під впливом одноразового процесу гранітизації порід з частковим переплавленням і подальшим проникненням магматичних мас гранітного складу. У зв'язку з цим, тіла гнейсів разом із метасоматичними зонами, магнітними аномаліями й рудними покладами, зорієнтовані паралельно контактам гранітних тіл.

Вік чималой частини дністрово-бузької серії – палео- і навіть еоархейський. Про це свідчать значення ізотопного віку (3790–3500 млн років), отримані для ядерних часток цирконів з ендербітогнейсів, розвинених у середній течії р. Південний Буг, у районі с. Завалля [7]. Вулканогенна природа зазначених плагіопорід підтверджена результатами петрохімічних перерахунків за різними методиками. Абсолютний вік золотоносних плагіомігматитів становить 2674 млн років, утворених пізніше пегматоїдних мікроклін-пертитових гранітів – 2175 млн років [8]. Наявність реліктів апогабрових амфіболітів, метапіроксенітів і метаперидотитів з-поміж сильно мігматизованих порід Майського родовища є доказом того, що структура являє собою глибоко еродовану (кореневу) частину ЗКП. Наведені відомості засвідчують деяку аналогію з родовищем Калар і відповідно з іншими родовищами докембрійських ЗКП.

У 1993–2004 рр. на родовищі виконано бурову розвідку (фактично – зупинено роботи через дострокове завершення фінансування) і побудовано ствол розвідувально-експлуатаційної шахти РЕ-9, армований залізобетоном чистим діаметром 6 м до глибини 204 м із засіками рудних дворів на трьох горизонтах загальним обсягом 2253 м³.

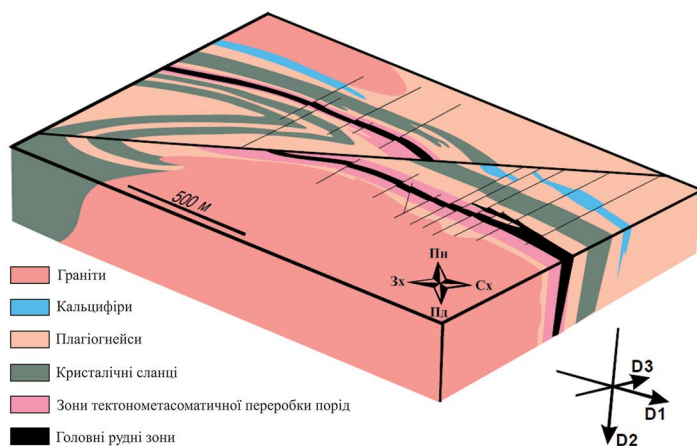


Рис. 10. Блок-діаграма геологічної будови Майського родовища (І. Є. Меркушин та ін., 2004)

Бурові геологорозвідувальні роботи супроводжувалися необхідним комплексом опробування, лабораторних, топо-маркшейдерських, гідрогеологічних та інженерно-геологічних робіт, а також наземними та свердловинними геофізичними дослідженнями.

На розвіданій бурінням частині родовища завдовжки 2900 м, завширшки від 400 до 1000 м виконане колонкове (алмазне) буріння майже 200 розвідувальних свердловин переважно похилих, діаметром не менш як 76 мм, загальним обсягом 70 км. Виявлено й вивчено з різною детальністю дві мінералізовані зони – Північну й Південну, які містять у собі 15 покладів, інтерпретованих як малопотужні, лінійно витягнуті в північно-західному напрямку тіла золотоносних метасоматитів біотит-кварц-олігоклазового складу (рис. 11). Південна зона розкрита бурінням за сіткою 200–50×200–50 м. Щільність розвідувальної сітки на Північній рудоносній зоні змінюється від 200×100 до 60×100 м. Розподіл рудних зон підпорядкований виразно вираженій зональності розвитку метасоматичних утворень. Останні обумовлюються двома головними чинниками: положенням в екзоконтакті гранітного масиву й початковим складом вміщувальних порід. Найсприятливішими для розвитку метасоматитів були пачки перешарування амфіболітів і роговообманково-біотитових кристалосланців з гнейсами й мігматитами.

По 12-х покладах визначено балансове зрудення і по них оцінено прогнозні ресурси до глибини 550 м. Науковою радою з прогнозування затверджено ресурси золота на Майському родовищі в кількості майже 42 т із середнім вмістом 3,6 г/т. На найближчих флангах Майського родовища по п'ятьох ділянках сумарною площею 4,27 км² враховано ресурси золота до глибин 300–350 м у кількості ще майже 44 т із вмістом золота від 2,2 до 4,1 г/т. Отже, загальні ресурси родовища можна збільшити удвічі (за матеріалами КП “Кіровогеологія”, 1997 р.). Загалом у межах цієї структури враховані ресурси золота становлять 200,4 т.

Вміст золота в пробах, відібраних з керна свердловин, змінюється від перших міліграмів на 1 т до 1570 г/т. Руди родовища – золото-кварцові убого-сульфідні (сульфідів 0,5–1,5 %). Благородно-металічна мінералізація розділяється на дві гілки. Перша – власне золота гілка – характеризується переважанням високопробного самородного золота, телуридів золота, у підпорядкованій кількості трапляються телуриди вісмуту й самородний вісмут. Друга гілка характеризується розвитком вісмут-срібло-телуридної мінералізації з провідною роллю самородного вісмуту за підпорядкованою роллю самородного срібла, електруму, геситу й галеніту.

Самородне золото перебуває в асоціації з калаверитом і телуридами золота, талію, вісмуту та самородним телуром. Формування всіх мінеральних парагенезисів не супроводжується перекристалізацією або новоутворенням кварцу, усі агрегати кварцу належать до пегматоїдних утворень [4].

Морфологія часток золота найрізноманітніша – грудкуваті, пластинчасті, подібні до дендритів і прожилків, гачкуваті, плівкові, пілоподібні утворення. Поверхня часток золота часто успадковує форму кристалів породоутворювальних мінералів, по яких воно розвивається. Найчастіше це кварц, біотит, польові шпати і зрідка сульфіді. Максимальні розміри окремих часток золота досягають 2 мм у довжину. Мі-

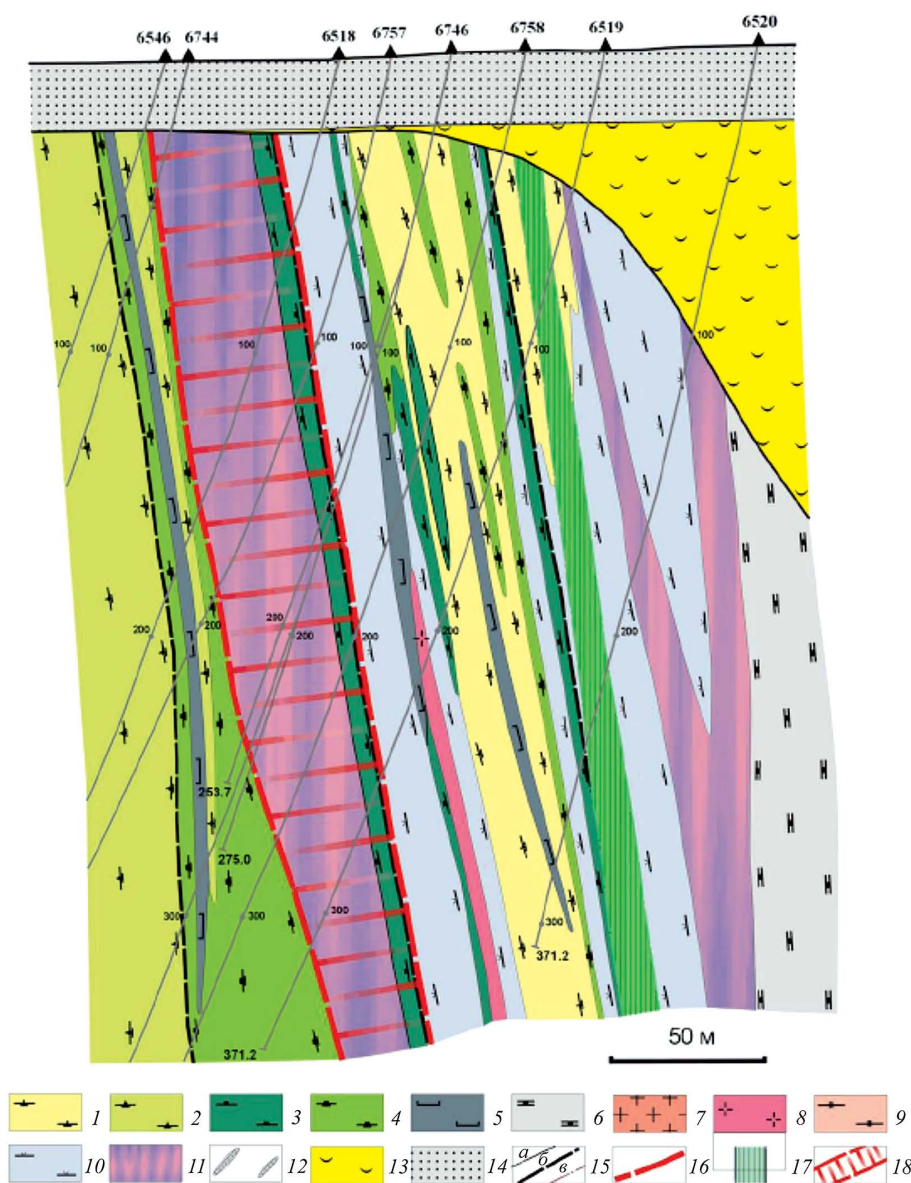


Рис. 11. Майське родовище золота. Геологічний розріз бурового профілю 28 (Північна рудна зона) [13]:

1 – диференційовані біотитові плагіогнейси; 2 – диференційовані біотитові плагіогнейси з прошарками роговообманково-біотитових кристалічних сланців та амфіболітів; 3 – амфіболіти; 4 – плагіомігматити по амфіболітах; 5 – роговообманкові амфіболіти й піроксен-кунінгтонітові породи; 6 – кальцифіри; 7 – аплітоподібні лейкократові граніти; 8 – пегматоїдні граніти; 9 – двопольовошпатові мігматити; 10 – метабластичні гнейси; 11 – біотит-кварц-олігоклазові метасоматити; 12 – силіманіт-кордієрит-гранат-біотит-кварцові метасоматити; 13 – кора вивітрювання; 14 – породи осадового чохла; 15 – межі (а – породних відмін; б – пачок суперкрудальних порід; в – зон мігматизації й калішпатизації); 16 – межі головних рудних зон; 17 – тектонічні зони; 18 – золотоносна зона

крозондові дослідження золота засвідчують переважно його високу пробність 983–992.

Дослідженнями мінерального складу [4] визначено мінеральні асоціації та стадійність мінералоутворення: 1) магнетит формується на ранньому етапі гранітизації амфіболів; 2) молібденіт + кварц + мусковіт + турмалін утворені на ранніх стадіях формування пегматитових тіл.

Передрудні асоціації:

3) піротин гексагональний + пентландит, пізня стадія утворення пегматитів; 4) піротин моноклінний + пірит I + халькопірит I + мілерит + кубаніт; 5) ільменіт + рутил; 6) арсенопірит + льюлінгіт + кобальтин + герсдорфіт + нікелін.

Рудні асоціації:

7) пірит II + марказит + сфалерит + галеніт; 8) пірит III + халькопірит II + самородне золото + самородний вісмут + карбонати + хлорит + анатаз + вісмутин + ратит. Період дроблення, на якому сформована тріщинуватість у пірит-карбонатних агрегатах; 9) самородний телур + калаверит + алтаїт + жозейт + вісмутин + телур-вісмутин + гесит + електрум (?) + самородне срібло.

Мінералогічними критеріями й ознаками золотого зруденіння є: а) наявність з-поміж метасоматитів і метасоматично змінених порід окварцованих ділянок, інтенсивно тріщинуватих з накладеною халькопірит-пірит-піротиновою мінералізацією (до 10–15 %); б) підвищений вміст піротину, який є субстратом для розвитку всіх наступних сульфідів і самородного золота; в) наявність виділень сульфідів з характерною морфологією (лінзоподібні – овальні й звивисті зерна піротину та халькопіриту і гранобластові агрегати піриту); г) наявність у межах рудних зон типоморфних для золота мінералів – сфалериту, галеніту, самородного вісмуту, вісмутину, жозейту, халькопіриту, магнезійно-залізистих карбонатів. Ознакою багатого зруденіння є спільне поширення самородного вісмуту, вісмутину й жозейту, які утворюють тісні зростки із золотом.

Формування рудної мінералізації Майського родовища й усього СРП загалом завершує досить тривалі петрогенетичні процеси, які відбувалися впродовж палеоархею (більше ніж 3,6 млрд років) – палеопротерозою (від 1,9 до 1,8 млрд років). Основним механізмом утворення рудних покладів на об'єкті є зміна параметрів рудних розчинів (α_{S_2} , pH або fO_2) унаслідок взаємодії флюїду із вміщувальними породами. Взаємодія розчинів з компонентами вміщувальної породи, збагачених Fe (з піротином), викликає трансформацію гексагонального піротину в моноклінний, формування піриту та осадження золота: $FeS + Au(HS)_2 = Fe_{1-x}S + FeS_2 + Au^0 + H^+$ [8].

За результатами мінералого-технологічних досліджень, на матеріалі дев'яти технологічних проб, проаналізованих у науково-дослідницьких установах, визначено, що найефективнішою є гравітаційна схема збагачення в магнітно-гідростатичному сепараторі, яка дає змогу вилучити в концентрат 96,9 % золота. Ціаніди задовільно витравлюють золото як з вихідної руди, так і з продуктів механічного збагачення за низької витрати ціаніду калію. За гравітаційно-ціанідною схемою сумарне вилучення золота становить 90 %.

Гірничо-геологічні умови Майського родовища загалом прості. Виконувалися роботи з техніко-економічного аналізу доцільності проведення подальших робіт. Одними дослідниками передбачалося розкриття родовища шахтними стволами, іншими – похилим з'їздом, розрахунки виконувалися за різної вартості ресурсів і золота, різних бортових вмістів золота, технологічних схем видобутку й збагачення. За всіх розрахунків доведено його перспективність і рентабельність відпрацювання, але подальші роботи на родовищі так і не розпочалися.

Попри досить велику кількість свердловин, наразі немає доведених підрахунків кількості золота. Недосконалим був процес опробування керна із вмістом крупного вільного золота й підготовки проб для проведення пробірного аналізу. Під час підготовки геологічних проб до аналізу на практиці стандартно застосовують схему підготовки проб, що включає скорочення проб за формулою Чечотта-Річардса ($m = Kd^2$), де K не перевищує 1.

Однак, у тих випадках, коли в рудах є золото розміром +0,5 мм, що становить не менше 40 %, під час оброблення проб потрібно застосовувати схему попереднього вилучення великого металу. З 10 проб початковою вагою 10 кг, що містять по одній частці золота розміром 1 мм і вагою 10 мг, під час скорочення початкової проби після подрібнення золоту буде втрачено в дев'яти пробах, а в 1-й пробі воно потрапить у кілограмову наважку. Якщо золото не потрапило в кілограмову наважку, то в подальших операціях воно участі не бере і відповідно вміст у дев'яти пробах з 10 дорівнюватиме нулю замість 1 г/т. Тобто похибка визначення вмісту в 90 % проб становить мінус 100 %.

Коли частка золота масою 10 мг попаде на другу стадію, вона буде подрібнена до 3000 часток розміром 0,074 мг і масою 0,003 мг. У 50-грамову наважку для пробірного аналізу потрапить у середньому 150 часток і вміст по пробі буде визначений у межах 7–13 г/т. Отже, при двох стадіях скорочення гіпотетичної проби розрахункові похибки становитимуть від мінус 100 до +1300 %, причому похибка мінус 100 % буде в 90 % проб, а в 10 % вміст буде завищено в 7–13 разів [5].

У випадку Майського родовища золото має розмір до 2 мм і більше, тому визначення його вмісту, а відповідно й підрахунок ресурсів є тільки оцінним. На це вказують і розбіжності у визначенні вмісту золота під час проведення повторних досліджень матеріалу однієї й тієї самої проби, які іноді дуже сильно відрізняються. Та й у пробірних лабораторіях України була проблема коректного визначення золота.

Структурно-тектонічні чинники локалізації золотого зруденіння також залишилися недовивченими і насамперед це пов'язано з відсутністю горизонтальних гірничих виробок на об'єкті. Опробування виробок могло б вирішити й питання, пов'язані з визначенням вмісту корисних компонентів і просторової витриманості зруденіння. До того ж на північно-західному й південно-східному флангах об'єкт неоконтурений, а в межах опошуканої площі є великі “білі плями”, де буріння або зовсім не проводилося, або проводилося за дуже нерегулярною сіткою.

Принципово нової інформації щодо структури об'єкта за допомогою додаткового буріння не отримають. Водночас, маючи високоперспективну ділянку з промисловими параметрами золотого зруденіння і наявний шахтний ствол, є можливість достовірного дослідження рудних зон і покладів та визначення реального вмісту корисного компонента за умов розвідки підземними гірничими виробками. Це дасть змогу визначити морфологію рудних тіл, відібрати потрібну кількість технологічних і напівпромислових проб, остаточно оцінити запаси корисної копалини та вирішити принципове питання подальшої долі не лише Майського родовища, а й вузла загалом. Паралельно з розвідкою, можлива організація видобутку й переробки корисної копалини.

На шляху до власної золотодобувної промисловості пройдено чималу складну частину, перерва призвела до втрат не лише часу, а й деяких здобутків (фото), однак дала час на осмислення перспектив і розуміння того, що треба зробити.



Фото. Ствол шахти Майського родовища (а – 2005; б – 2018)

Україна реально має високі перспективи для створення власної золотодобувної промисловості. Виявлено чимало золоторудних об'єктів, які отримали позитивну оцінку і в майбутньому можливе їхнє залучення за допомогою інвестора, який має досвід таких досліджень і реалізовані проекти, до промислового розроблення [6]. Державна служба геології та надр України усвідомлює необхідність гарантувати інвестору можливість безпечно вкладати гроші в український видобуток і постійно працює над удосконаленням законодавчих механізмів. Успіх проектів важливий і для України, і для компанії, яка долучиться до розроблення, і для Державної служби геології та надр України як регулятора галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грінченко О. В., Курило М. В., Михайлов М. А. та ін. Металічні корисні копалини України. – Київ: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2006. – 220 с.
2. Європейська інфраструктура геологічних даних EuroGeoSurveys (EGDI). Режим доступу: <http://www.europe-geology.eu/map-viewer/>
3. Золото Фенноскандинавського щита//Матеріали Міжнародної конференції. – Петрозаводск: Карельський научний центр РАН, 2013. – 202 с.
4. Изучение вещественного состава пород и рудных метасоматитов Майского месторождения золота/В. А. Сёмка и др. – Институт геологии, минералогии та рудоутворення імені М. П. Семененка, 1994.
5. Кавчик Б. К. Влияние сокращения геологических проб на результаты опробования и подсчет запасов золоторудных месторождений//Золотодобыча. – 2020. – № 256.
6. Лисенко О. А. Стан підготовленості золоторудних родовищ України до промислового освоєння//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2016. – № 3. – С. 9–18.
7. Пономаренко А. Н., Степанюк Л. М., Шумлянський Л. В. Геохронологія та геодинаміка палеопротерозою Українського щита//Мінералогічний журнал. – 2014. – Вип. 36. – № 2. – С. 48–60.
8. Розробка багатфакторних геолого-генетичних моделей основних промислових типів золоторудних родовищ з метою їх локального прогнозу/І. Є. Меркушин та ін. – УкрДГРІ, 2004.
9. Рудько Г. І., Литвинюк С. Ф., Ловинюков В. І., Лисенко О. А. Геолого-промислова характеристика золоторудних родовищ України як об'єктів геолого-економічної оцінки//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2015. – № 4. – С. 43–64.
10. Фалькович О. Л. Геохімічні критерії пошуків золота в центральній частині Українського щита (на прикладі Клинівського родовища). Автореф. дис. ... канд. геол. наук. – Інститут геології, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка. – Київ, 2010. – 17 с.

REFERENCES

1. Hrinchenko O. V., Kurylo M. V., Mykhailov M. A. et al. Metallic minerals of Ukraine. – Kyiv: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr “Kyivskiy universytet”, 2006. – 220 p. (In Ukrainian).
2. European Geological Data Infrastructure EuroGeoSurveys (EGDI). <http://www.europe-geology.eu/map-viewer/>

3. Gold of the Fennoscandian Shield//Materialy Mezhdunarodnoj konferencii. – Petrozavodsk: Karelskij nauchnyj centr RAN, 2013. – 202 p. (In Russian).

4. Study of the material composition of rocks and ore metasomatites of the Mayske gold deposit/V. A. Siemka et al. – Instytut heolohii, mineralohii ta rudoutvorennia imeni M. P. Semenenska, 1994. (In Russian).

5. Kavchik B. K. Impact of reduction of geological samples on the results of sampling and calculation of reserves of gold ore deposits/Zolotodobycha. – 2020. – № 256. (In Russian).

6. Lysenko O. A. State of preparedness of gold ore deposits in Ukraine for industrial development/Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2016. – № 3. – P. 9–18. (In Ukrainian).

7. Ponomarenko A. N., Stepaniuk L. M., Shumlianskiy L. V. Geochronology and Geodynamics of the Paleoproterozoic of the Ukrainian Shield//Mineralohichnyi zhurnal. – 2014. – Iss. 36. – № 2. – P. 48–60. (In Russian).

8. Development of multifactor geological and genetic models of the main industrial types of gold ore deposits for the purpose of their local forecast/I. Ye. Merkushev et al. – UkrDHRI, 2004. (In Ukrainian).

9. Rudko H. I., Lytvyniuk S. F., Lovyniukov V. I., Lysenko O. A. Geological and industrial characteristics of gold ore deposits in Ukraine as objects of geological and economic assessment//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2015. – № 4. – P. 43–64. (In Ukrainian).

10. Falkovych O. L. Geochemical criteria for gold prospecting in the central part of the Ukrainian Shield (by the example of the Klyntsiyske deposit). Abstract of thesis, Cand. Geol. Scien. Instytut heolohii, mineralohii ta rudoutvorennia imeni M. P. Semenenska. – Kyiv, 2010. – 17 p. (In Ukrainian).

Рукопис отримано 12.10.2020.

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Колектив журналу
нагадує авторам
і читачам, що триває
передплата на журнал
МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ
на I півріччя 2021 р.

Передплатний індекс
за Каталогом періодичних
видань України –
48336

УДК 553.495:553.078:553.2(477.63)

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2021.1.18-31>

В. В. СУКАЧ, д-р геол. наук, завідувач відділу (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), svital@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4710-7230>,

В. О. ШПИЛЬЧАК, провідний геолог (КП "Південукргеологія"), spwas@ukr.net,

О. В. ГРІНЧЕНКО, канд. геол.-мін. наук, доцент (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Навчально-науковий інститут "Інститут геології"), alexgrin@univ.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3030-1720>,

С. М. БОНДАРЕНКО, канд. геол. наук, старший науковий співробітник (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), sbond.igmr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7948-3583>,

Л. В. ІСАКОВ, д-р геол. наук, isakov_l@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7672-9602>,

В. О. СЬОМКА, д-р геол. наук, головний науковий співробітник (Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України), syomka1949@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5202-4045>

V. SUKACH, Dr. Sci. (Geol.), Head of Division (M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU), Kyiv, svital@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4710-7230>,

V. SHPYLCHAK, Leading Geologist (State Enterprise "Pivdenukrgeology"), Dnipro, spwas@ukr.net,

O. HRINCHENKO, PhD (Geol. & Mineral.), Associate Professor (Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine), Kyiv, alexgrin@univ.kiev.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3030-1720>,

S. BONDARENKO, PhD (Geol.), Senior Research Scientist (M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU), Kyiv, sbond.igmr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7948-3583>,

L. ISAKOV, Dr. Sci. (Geol.), Dnipro, isakov_l@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7672-9602>,

V. SOMKA, Dr. Sci. (Geol.), Principal Research Scientist (M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU), Kyiv, syomka1949@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5202-4045>

ДІБРОВСЬКЕ РОДОВИЩЕ – ТИПОВИЙ ПРЕДСТАВНИК КОМПЛЕКСНОГО TR-U-Th ЗРУДЕНІННЯ ПРИАЗОВСЬКОЇ МЕТАЛОГЕНІЧНОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

DIBROVA DEPOSIT – THE TYPICAL COMPLEX REE-U-Th MINERALIZATION OF AZOV METALLOGENIC PROVINCE OF THE UKRAINIAN SHIELD

У межах Оріхівсько-Павлоградської структурно-металогенічної зони (СМЗ) Приазовської металогенічної області вирізняється новий Вовчанський урановорудний район. Він представлений Дібровським TR-U-Th родовищем та низкою мало вивчених рудопроїв. Зруденіння Дібровського родовища за віковим, геолого-структурним і речовинним критеріями можна зарахувати до калій-уранової формації метасоматичного типу. Як аналоги розглянуто родовища й рудопроїви Центральноукраїнського урановорудного району. Продуктивна TR-U-Th мінералізація сформувалася в палеопротерозой 1,9–2,2 млрд років тому. Вона була генерована гідротермально-метасоматичними процесами, які супроводжували проникнення апліт-пегматоїдних гранітів дібровського типу (салтичанського комплексу?). Результати датування за методикою CHIME монациту й укралену уранініту в ньому підтверджують палеопротерозойський вік їхнього утворення: 2085–2115 млн років. Водночас імовірна участь у формуванні рідкісноземельної мінералізації мезоархейських гранітоїдів январського типу на дорудному етапі.

Ключові слова: Вовчанський урановорудний район, TR-U-Th зруденіння, Дібровське родовище, апліт-пегматоїдні граніти.

A new Vovchansk Uranium Ore district is allocated within the Orikhiv-Pavlohrad structural-metallogenic zone (SMZ) of the Azov metallogenic region. It is represented by Dibrova REE-U-Th deposit and a number of less studied ore occurrences. This deposit, according to ore mineralogy and age, geological and structural features, can be related to potassium-uranium metasomatic type. Dibrova deposit is considered to be possible analogue of mineralization of the Central Ukrainian Uranium Ore district. Among the main diagnostic characteristics of Dibrova deposit are: 1) location within the Mesoarchean trough-like structure superimposed on the Paleoproterozoic basement. 2) Spatial and genetic association with Paleoproterozoic two-feldspar granitoids of Dibrova type, which are considered to be related to Saltychia intrusive complex. 3) Regional and local faults, favorable for emplacement of numerous bodies of aplite-pegmatitic granitoids and associated intensive metasomatic alterations of rocks. The flexural fold was formed at the intersection of multidirectional faults, which is also favorable for ore mineralization. 4) Mineralization is confined to metasomatically altered aplite-pegmatites, less often to microcline quartzites of Dibrova suite. 5) K_2O/Na_2O ratio of ore-bearing granitoids reaches 3.5 and thorium-uranium ratio varies from 1.0 to 4.0. 6) Ores are composed by quartz (70–90 %) as predominant mineral and microcline. Minor minerals (up to 10–15 %) are represented by sillimanite, muscovite, biotite. 7) Accessory minerals include monazite, zircon, rutile, nasturan, brannerite, uraninite, molybdenite. 8) Among trace elements are niobium, lead, molybdenum, bismuth, copper, zinc and tin. Economic REE-U-Th mineralization was dated at 1.9–2.2 billion years. It is formed through circulation of hydrothermal-metasomatic fluids associated with the emplacement of Paleoproterozoic aplite-pegmatitic granites of the Dibrova type. Study of monazite and uraninite inclusions by the CHIME techniques confirms the Paleoproterozoic age of mineralization, 2085–2115 Ma. At the same time, the influence of Mesoarchean Yanvarske granitoids for the formation of REE mineralization during early pre-ore stage is not excluded.

Keywords: Vovchansk Uranium Ore district, REE-U-Th mineralization, Dibrova deposit, aplite-pegmatitic granites.

Вступ. Однією з базових галузей економіки України є електроенергетика. У її структурі провідна позиція належить виробництву атомної електроенергії – 54–55 % за даними 2019 р. Атомні електростанції серед інших вигідно вирізняються за високими показниками потужності, ефек-

тивності та рентабельності. Сировиною – урановими рудами – вони забезпечені щонайменше на 50 років за теперішнього рівня споживання.

Однак такі цілком переконливі, на перший погляд, та оптимістичні перспективи мінерально-сировинної бази атомної енергетики, містять низку важливих невирішених питань. Зокрема, родовища з багатими урановими рудами вже відпрацьовані (Первомайське, Жовторіченське), части-

на об'єктів вичерпається в найближчі роки (Ватутінське, Мічуринське, Центральне), а нещодавно введені в експлуатацію або підготовлені для розроблення мають економічні й технологічні проблеми (Новокостянтинівське, Квітневе та ін.) [1, 15]. Загалом промисловий цикл видобування й збагачення готової продукції перебуває на межі рентабельності. Крім цього, частка вітчизняного урану в балансі атомних електростанцій становить лише 30–40 %, бракує власного виробництва тепловиділювальних елементів (ТВЕЛів) і налагодженого комплексного перероблення уранових руд з вилученням наявних корисних компонентів.

Такі питання, як нарощення видобутку руди, підвищення частки високорентабельних руд, забезпечення атомних реакторів ТВЕЛами, вже вирішуються або можуть бути успішно вирішені в найближчі роки. Водночас виявлення в недалекому майбутньому нових родовищ з високим умістом урану, здатних вивести атомну енергетику на якісно новий, висококонкурентний рівень, є малоймовірним. Адже територію України, особливо ураноносний Український щит (УЩ) та його осадовий чохол, добре вивчено під час інтенсивних геологорозвідувальних робіт (ГРР) другої половини ХХ – початку ХХІ ст. [1]. У результаті було виявлено й розвідано численні родовища й рудопрояви, довивчено за відповідною сіткою бурових свердловин усі відомі ураноносні площі, оцінено запаси й ресурси урану наявних об'єктів, проведено геолого-економічні розрахунки, найперспективніші родовища введено в експлуатацію.

На нашу думку, дальший розвиток мінерально-сировинної бази урану, як і багатьох інших корисних копалин у сучасних умовах, стане набагато ефективнішим у разі комплексного підходу до вивчення, оцінки та освоєння наявних родовищ. У цьому плані на особливу увагу заслуговує відоме Дібровське родовище й низка маловивчених TR-U-Th рудопоявів, що розміщуються в Приазовському мегаблоці УЩ. Їхні перспективи можна неабияк підсилити завдяки сукупному потенціалу рідкісних земель, торію й урану. Адже рідкісноземельні елементи (РЗЕ) визначають стрімкий розвиток інноваційних технологій, а на основі торію створюють нові енергетичні реактори, безпечніші та ефективніші, порівнюючи з урановими.

1. Стан вивченості. Дібровське рідкісноземельно-уранторієве родовище було відкрито в середині 1980-х під час проведення глибинного геологічного картування масштабу 1:50000 (ГГК-50) в північно-західній частині Приазовського мегаблока УЩ (В. М. Кічурчак та ін., 1988). У 2006–2014 рр. Казенне підприємство “Кіровгеологія” виконало в його межах пошуково-оцінювальні роботи на уран. Відтак було підраховано запаси й ресурси уранових руд, а також торію та рідкісних земель.

Загалом геологічна вивченість родовища задовільна. У працях [3, 5, 10, 11, 13, 14, 17, 19, 21–24 та ін.] висвітлено такі питання, як позиція родовища в структурі Приазовського мегаблока УЩ, структурно-речовинні параметри локалізації зруденіння, стратиграфія й магматизм умісного породного комплексу, характер проявлених метаморфічних і метасоматичних процесів, загальна послідовність та фізико-хімічні умови формування рудної мінералізації тощо. Водночас потребують поглибленого й ретельного дослідження недостатньо вивчені, а отже дискусійні питання генезису та віку формування продуктивної комплексної TR-U-Th мінералізації.

2. Постановлення проблеми. Є щонайменше п'ять різних поглядів на генезис Дібровського родовища [19]. Першовідкривач В. М. Кічурчак зі співавторами [11] дотримувався уявлень про первинноосадову природу рудної мінералізації.

Згідно з класифікацією МАГАТЕ (IAEA – International Atomic Energy Agency) [27] – це генетичний тип давніх кварцово-галькових конгломератів (palaeo quartz-pebble conglomerates type), типовим представником якого є всесвітньо відоме родовище Вітватерсранд у Південній Африці. На уявленнях про осадовий генезис зруденіння ґрунтується також кілька тектонометаморфічних моделей [13, 14, 17, 19 та ін.], які передбачають перерозподіл, регенерацію, збагачення вихідних осадових рудних скупчень. Фактично уявлення про первинноосадову, конгломератову природу зруденіння є найпоширенішим з-поміж геологів. Однак орієнтовані на виявлення родовищ конгломератового типу пошуково-розвідувальні роботи, які у 2006–2014 рр. виконало КП “Кіровгеологія” на території Приазовського мегаблока УЩ, не принесли сподіваних результатів.

У праці [10] на основі теоретичних узагальнень викладено гіпотезу щодо мантийного джерела рудної речовини, яка надходила у верхні горизонти кори завдяки поліхронним флюїдизатно-експлозивним і метасоматичним процесам. У ролі головної рудопідвідної структури в такій моделі розглянуто східне продовження субширотної зони Девладівського розлому, добре проявленого в Середньопридніпровському мегаблоці. Водночас конкретних рудоконтролювальних чи рудогенерувальних диз'юнктивних порушень цієї зони в Приазовському мегаблоці не виявлено.

Колектив дослідників ІГМР НАН України [21, 22, 24], зокрема й співавтори цієї праці, зарахували TR-U-Th зруденіння до метасоматичного (metasomatite [27]) типу. Серед інших регіонів світу саме на УЩ він проявився найяскравіше й представлений низкою промислових родовищ у Центрально-українському урановорудному районі УЩ [5, 17, 24]. Основою уявлень про метасоматичний генезис Дібровського родовища є результати мінералого-петрографічних та ізотопно-геохімічних досліджень кернавого матеріалу, який було отримано в процесі наукового супроводження пошуково-оцінювальних робіт КП “Кіровгеологія” у 2006–2014 рр. Додамо, що наявність інтенсивних метасоматичних процесів визнають усі дослідники, зокрема й прихильники інших поглядів.

Відповідно до метасоматичної генетичної моделі комплексна TR-U-Th мінералізація пов'язана з магматичною та післямагматичною стадіями становлення мезоархейських апліт-пегматоїдних гранітів, які супроводжувалися інтенсивними тектонометасоматичними перетвореннями. За мінералого-геохімічними ознаками зруденіння можна зарахувати до калій-уранової рудної формації метасоматичного (гідротермально-метасоматичного) типу.

Питання коректного визначення віку зруденіння ускладнюється неоднозначним трактуванням стратиграфічного положення рудовмісної дібровської світи. У чинній “Хроностратиграфічній схемі 2004 р.” вона є палеопротерозойською. Однак на сьогодні отримано доволі переконливі дані про її мезоархейський вік [22].

Менш суперечливим можна вважати протерозойський вік уранової мінералізації. Визначений за настураном і бранеритом, він становить трохи менш як 2 млрд років. Однак залежно від тієї чи іншої прийнятої генетичної моделі ця дата інтерпретується доволі розлого. Вона може фіксувати як процес завершення первинного палеопротерозойського рудонакопичення, так і вторинної регенерації мезоархейської мінералізації. Відповідно й послідовність формування рудної мінералізації також трактується по-різному. Одні дослідники вважають, що рідкісні землі, уран і торій утворилися одно-

часно внаслідок єдиного рудогенерувального процесу, інші схилиються до думки про їхнє накопичення упродовж дискретних, суттєво розмежованих у часі подій. Наприклад, згідно з флюїдизаційно-експлозивними уявленнями на ранньому етапі накопичувався торій, на пізньому – уран; за метасоматичною моделлю всі рудні компоненти утворилися одночасно, після чого відбувався їхній перерозподіл і концентрація.

3. Мета досліджень: удосконалення та наукове обґрунтування геолого-генетичних і вікових параметрів Дібровського родовища як основи для геологорозвідувальних робіт детальніших стадій та вірогідної оцінки перспектив східної частини УЩ на комплексне TR-U-Th зруденіння.

Відповідно до поставленої мети в процесі досліджень було з'ясовано структурно-речовинні, вікові, металогенічні та інші особливості гранітоїдів, поширених у районі родовища; проаналізовано й узагальнено наявні фондові матеріали й літературні джерела щодо металогенії Приазовського мегаблока й закономірностей розміщення TR-U-Th зруденіння; отримано нові дані про вік рудної мінералізації із застосуванням сучасного прецизійного обладнання та новітніх аналітичних методик.

4. Геологічна будова. Північно-західна частина Приазовського мегаблока, де розміщується Дібровське родовище й низка TR-U-Th рудопроявів, вирізняється як Вовчанський тектонічний блок (рис. 1). Він характеризується двоюрисною складчасто-купольною будовою. Нижній структурний ярус складений палеоархейськими ультраметаморфічними породами ремівського комплексу, ремобілізованого в пізньому мезоархейі (шевченківський етап ультраметаморфізму), та останцями супракрустальних порід вовчанської товщі (рис. 2). Вище розміщується мезоархейський ярус – це стратифіковані породи

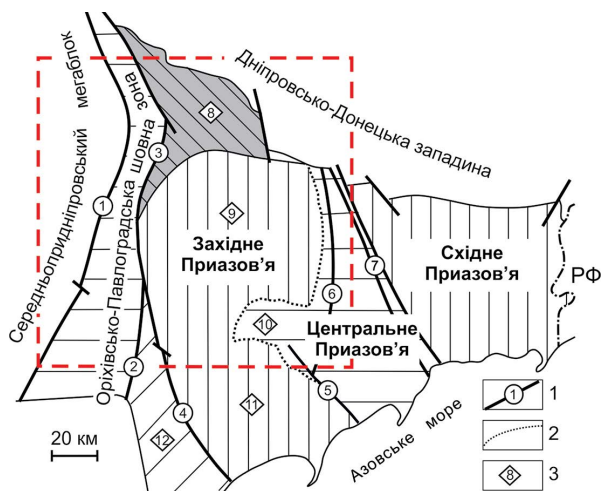


Рис. 1. Структурно-тектонічна схема Приазовського мегаблока

1 – розломи (цифри в кружках): 1 – Оріхівсько-Павлоградський, 2 – Західноприазовський, 3 – Павлоградський, 4 – Корсацький, 5 і 6 – Центральноприазовський (5 – Миколаївський, 6 – Катеринівський (Розівський)), 7 – Мало-янісольський; 2 – західна границя Центрального Приазов'я; 3 – тектонічні структури (цифри в ромбах): 8 – Вовчанський і 9 – Гайчурський (Гуляйпільський) блоки, 10 – Білоцерківська синкліналь, 11 – Салтичанський і 12 – Корсацький блоки. Червоною штриховою лінією показано межі геологічної карти, зображеної на рис. 2

дібровської світи, косівцевської (Петриківська структура) та тернуватської (Шевченківсько-Федорівська структура) товщ, а також двопольовошпатові граніти январського комплексу [9]. Палеопротерозойські гранітоїди кількох аналогічних за складом комплексів (анадольського, салтичанського) та асоціацій дібровського типу, що їх виділяли різні автори в межах блока, ми пов'язуємо з етапом активізації, уповні проявленої в східній частині Приазовського мегаблока.

Купольні структури складені утвореннями нижнього ярусу. Між куполами розміщуються нашаровані породи мезоархейського ярусу (косівцевська й тернуватська товщі та дібровська світа), які перекривають палеоархейський структурний ярус із явною кутовою незгідністю. Зазвичай вони виповнюють прирозломні трогоподібні структури, у яких



Рис. 2. Геологічна карта північно-західної частини Приазовського мегаблока

1 – гуляйпільська світа; 2 – дібровська світа; 3 – осипенківська серія [27]; 4 – центральноприазовська серія (темрюцька світа), вовчанська та драгунська товщі; 5 – новопавлівська товща і західноприазовська серія (каїнкулацька та верхньотокмацька товщі); 6 – чернігівський комплекс лужних порід; двопольовошпатові граніти: 7 – краснокутські, 8 – дібровські, 9 – январські, анадольські та салтичанські; 10 – плагіогранітоїди ремівського та шевченківського комплексів; 11 – гранодіорити добропільського комплексу; обіточенський комплекс; 12 – діорити та габродіорити, 13 – габро, 14 – ультрабазити гайчурського та коларівського комплексів; 15 – регіональні та міжблокові розломи; 16 – другорядні та локальні розломи; 17 – геологічні границі; 18 – геологічні структури (цифри в ромбах): 1 – Лабзунівська, 2 – Улянівська, 3 – Зеленогайська, 4 – Петриківська, 5 – Маломихайлівська, 6 – Дібровська, 7 – Вовчанська, 8 – Шевченківсько-Федорівська, 9 – Північнотерсянська, 10 – Косівцевська, 11 – Гайчурська (Тернуватська), 12 – Гуляйпільська, 13 – Новогурівська, 14 – Чистопільська (Молочанська); 19 – комплексні рідкісноземельно-уран-торієві родовища та рудопрояви: 1 – Преображенське, 2 – Дібровське, 3 – Північнотерсянське, 4 – Янчурський, 5-6 – Східногайчурське рудоносне поле: 5 – Успенівський, 6 – Малинівський, 7 – Західногуляйпільський-П, 8 – Новогурівський, 9 – Остриківський.

Чорна штрихова лінія – карта-врізка району Дібровського родовища (рис. 3)

залягають моноклінально або зім'яті в ізоклінальні чи брахі-подібні складки. Метатеригенні породи дібровської світи, на нашу думку, виповнюють також, окрім Дібровської, Вовчанську, Зеленогайську, Улянівську, Маломихайлівську, Лабзунівську та інші подібні структури в облямуванні Вовчанського блока. Зауважимо, що на початкових етапах вивчення метаморфічні утворення цих структур належали до сачкінської світи (Полуновський, 1969; Кіктенко, 1987; Берзенін, 1988). У 1988 р. В. М. Кічурчак звернув увагу на відмінність породних асоціацій Дібровської й інших структур від стратотипових розрізів сачкінської світи, наявність деяких ознак подібності з темрюцькою світою та запропонував виокремити нову стратиграфічну одиницю. У результаті в 1994 р. в межах Вовчанського блока виділили палеопротерозойську дібровську світу, а в 1998 р. – аналогічну за структурним положенням неоархейську дем'янівську світу в складі центральноприазовської серії.

Як бачимо, питання стратиграфічного положення дібровської світи не вирішене й потребує ретельних спеціалізованих досліджень, про що зазначають і в інших працях [19]. На наше переконання, розріз дібровської світи в північній частині Дібровської структури майже ідентичний крутобалкінській світі Сорокинської структури [25].

Верхня вікова границя дібровської світи оцінюється за віком циркону й монациту з кварцитів, який охоплює інтервал 2906–2933 млн років [22] та вірогідно відображає період метаморфізму світи. Нижня межа відповідає часу метаморфізму вовчанської товщі палеоархейського фундаменту – 3085 млн років тому [26].

4.1 Тектоніка Вовчанського блока. У гравімагнітних полях структура Вовчанського блока характеризується концентрично-мозаїчною будовою на відміну від чітко вираженої лінійним структурним планом Оріхівсько-Павлоградської зони. Зауважимо, що перехід між ними має поступовий характер. На мозаїчному тлі геофізичного поля чітко вирізняються інтенсивні позитивні гравітаційні й магнітні аномалії ізометричної форми, зумовлені пластами залізистих кварцитів вовчанської товщі та дібровської світи.

Купольно-складчаста структура Вовчанського блока великою мірою ускладнена численними розривними порушеннями різного рангу та напрямків. Серед головних розломів варто зазначити Чаплинський та Андріївський, що виокремлюють Вовчанський блок із заходу від Оріхівсько-Павлоградської зони і з південного сходу від Ремівсько-Гайчурського блока відповідно. З північного сходу блок відокремлюється від Дніпровсько-Донецької западини системою розломів Самарської зони, вздовж яких упроваджувалися потужні (до 200–250 м) дайки діабазів. Серед головних розломів північно-західного простягання в геофізичних полях трасуються Підгаврилівський, Гаврилівський, Центральний, Іванівський, Вербівсько-Артемівський і Маломихайлівський, які теж супроводжуються численними дайками діабазів. Другорядні розривні порушення мають переважно північно-західне та північно-східне простягання.

Дібровська структура розмежована Артемівським розломом Самарської тектонічної зони на південну й північну частини. Північно-західне замикання структури ускладнює виокремлений за геофізичними даними локальний розлом субмеридіонального північно-східного простягання, що опережає Андріївську тектонічну систему. Його наявність підтверджена буровими свердловинами, пройденими КП “Кіровогеологія”. Він розділяє Дібровську брахісинкліналь на західну й східну частини, які зміщені на 80–100 м одна стосовно другої

за горизонталлю. Зміщення блоків структури підтверджується розривом суцільності й зміщенням магнітних аномалій, а також флексурним вигином у північному замиканні структури. Можливе зміщення і за вертикаллю, оскільки західна частина структури характеризується меншими значеннями гравітаційного поля. До цього розлому приурочене невелике інтрузивне тіло двопольовошпатових дібровських гранітів імовірно салтичанського комплексу – апофіза Центральнодібровської інтрузії. За взаємовідношенням субмеридіональний розлом молодший за Артемівський. Важливо, що рудовмісна товща, яка представлена жорсткими й крихкими метаморфічними породами, у зоні розлому зазнала інтенсивного роздроблення, катаклазу, мілонітизації, а відтак стала сприятливою для проникнення численних жил апліт-пегматоїдних гранітоїдів та інтенсивного метасоматозу.

Що стосується субширотного Девладівського розлому, який нібито трасується через Оріхівсько-Павлоградську зону в Приазовський мегаблок, то в геофізичних полях він не фіксується. Хіба що до його системи належать два локальні субширотні розломи, що простягаються північніше Дібровської структури, однак розміщуються північніше від імовірного продовження Девладівської зони в Приазов'ї.

4.2 Гранітоїди. На відміну від питань геологічної будови Вовчанського блока та власне Дібровської структури, які досить добре висвітлено в опублікованих працях, дослідження гранітоїдів цього району було побіжним. Їхня роль вочевидь недооцінена. Адже згідно з метасоматичною генетичною моделлю двопольовошпатові гранітоїди відігравали головну генерувальну та контролювальну роль у процесі рудоутворення. Та й інші погляди не заперечують того факту, що регенерація й перерозподіл вихідного зруденіння відбувалися під впливом різноманітних епігенетичних процесів, вірогідно пов'язаних з тектономагматичною активізацією регіону й становленням того чи іншого гранітоїдного комплексу.

У межах Вовчанського блока гранітоїди мають переважне поширення (рис. 3). За віком і складом їх можна класифікувати на дві групи: ранню архейську, представлену плагіогранітоїдами ремівського комплексу, і пізню архей-протерозойську двопольовошпатових гранітоїдів январського, краснокутського та дібровського типів. Унаслідок довготривалого еволюційного розвитку й становлення цих гранітоїдів сформувався Воскресенський купол – головна тектономагматична структура Вовчанського блока.

За аналогією з родовищами Центральноукраїнського урановорудного району ймовірним джерелом зруденіння можуть бути саме двопольовошпатові гранітоїди. Такими у нашому разі є сублужні граніти й апліт-пегматоїдні граніти дібровського типу [21, 22]. Серед інших вони вирізняються підвищеним вмістом лугів (до 9,4 %) та коефіцієнтом агпаїтності 0,7. Загалом, за петрохімічними параметрами вони подібні як на граніти мокромосковського комплексу сусіднього Середньопридніпровського мегаблока, так і на граніти январського типу Приазов'я [24]. Від краснокутських дібровські граніти відрізняються за вмістом лугів і кремнезему.

Зазначимо, що серед дослідників Приазов'я, зокрема й серед авторів цієї статті [7–9], немає цілковитої однастайності в поглядах на розвиток гранітоїдного магматизму в західній частині Приазовського мегаблока. Проте наявні факти свідчать, що, крім гранітів мезоархейського январського комплексу, на території Вовчанського блока поширені також палеопротерозойські двопольовошпатові гранітоїди, зокрема й дібровського типу. Останні, зважаючи на їхні особливості

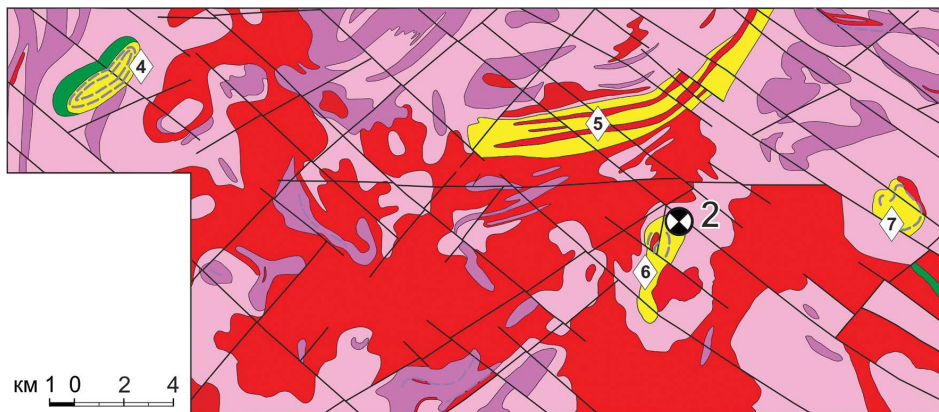


Рис. 3. Геологічна карта-врізка району Дібрівського родовища (центральна частина Вовчанського блока)

Умовні позначення див. на рис. 2

речовинного складу, палеопротерозойський вік і рідкісноземельнометалеву спеціалізацію, ймовірно належать до салтичанського комплексу.

Наразі питання розчленування двопольовошпатових гранітоїдів перебувають на етапі довивчення, обговорення та узгодження. У світлі цього доцільно навести стислі відомості про складну історію їхньої ідентифікації.

4.2.1 Історія вивченості гранітоїдів. Двопольовошпатові гранітоїди в межах Вовчанського блока представлені трьома головними типами або окремими фазами [9]. Перша фаза – це меланократові амфібол- і магнетитумісні граніти та гранодіорити із численними останцями порід вовчанської товщі. До другої фази належать “январські” аляскітові граніти, а до третьої – “краснокутські” лейкократові з мусковітом граніти.

Краснокутський і Январський масиви, складені однойменними типами гранітів, уперше закартував В. М. Кічурчак та ін. 1983 року. Асоціацію аляскітових біотитумісних різновидів Январського масиву зарахували до сурьско-токівського комплексу неогархею, а мусковіт-біотитові граніти Краснокутського масиву – до приазовського комплексу палеопротерозою.

У 1987 р. під час ГГК-200 у межах Західного Приазов'я В. Ф. Кіктенко зі співавторами зарахував краснокутські та январські граніти до протерозойського приазовського комплексу й указав на подібність перших до гранітів кам'яномільського комплексу, а других – до анадольського.

К. Ю. Єсипчук [6] краснокутські граніти за геохімічними ознаками (вміст і розподіл РЗЕ й рідкісних металів) зарахував до складу салтичанського комплексу.

За результатами пошукових робіт на рідкіснометалеву мінералізацію в Західному Приазов'ї (Л. В. Ісаков та ін., 1988) тіла январських і краснокутських гранітів, поширених в об'єму Шевченківсько-Федорівської структури, було об'єднано в єдиний багатозонний Воскресенський масив.

Під час виконання ГГК-50 Північної частини Вовчанського блока (В. М. Кічурчак та ін., 1988 р.) январські граніти, зважаючи на їхній мезогархейський вік, визнали належними до шевченківського комплексу. У процесі цих робіт уперше виявлені інтрузії дібрівських гранітів зарахували до приазовського комплексу, який у легенді до карти докембрійських утворень УЩ 1986 р. об'єднував анадольські, салтичанські ортит-і сфенумісні та інші двопольовошпатові граніти Приазов'я.

На Держгеолкарті-200 гранітоїди Январського масиву [18] автори позначили як окрему асоціацію январських гранітів

мезогархею, а граніти краснокутського типу зарахували до анадольського комплексу. Водночас зазначили, що краснокутські граніти також можуть належати до январської асоціації мезогархею. Останні, за даними цих авторів, виповнюють низку амебоподібних тіл і масивів (Январський, Краснокутський, Степнянський і Богатирський), які утворюють єдине Январське поле. Дібрівська структура розміщується серед гранітоїдів північно-західної частини поля.

У 2019 р. Л. М. Степанюк зі співавторами [23] провів геохронологічні дослідження монациту з январських гранітів у районі лівого берега р. Вовча. За отриманими даними вік проникнення

январських гранітів становив $2058,3 \pm 1,2$ млн років. На думку авторів, январські граніти за петрографічними й петрохімічними характеристиками варто зарахувати до анадольського комплексу.

Істотна розбіжність поглядів і фактів щодо розчленування та віку двопольовошпатових гранітоїдів Західного Приазов'я свідчить про надзвичайну складність цього питання, що водночас потребує ретельного вивчення та коректного розв'язання.

4.2.2 Январський комплекс. Переважний обсяг двопольовошпатових гранітоїдів Январського поля пропонується виокремити як самостійний мезогархейський январський комплекс [8, 9] у складі зазначених вище трьох інтрузивних фаз. Усі фази супроводжувалися вкоріненням жил пегматитових мікроклінових гранітів і пегматитів. Сформований ними багатозонний Воскресенський масив (південно-східний фланг Январського поля) продукував рідкіснометалеві пегматити Шевченківського й Федорівського полів [7].

Водночас автори праці [6] схильні зараховувати до январського комплексу лише двопольовошпатові біотитові граніти, що розміщуються західніше і, частково, північніше Шевченківсько-Федорівської структури. А краснокутські мусковіт-біотитові двопольовошпатові граніти, що залягають поблизу структури або ж її проривають, поєднують із салтичанськими гранітами палеопротерозойського віку.

За хімічним складом январські біотитові граніти, які переважно поширені на південно-східному фланзі Январського поля, і аляскітові граніти теж дещо різняться між собою. Перші містять у середньому 4,54 % K_2O і 3,40 % Na_2O . Вміст K_2O в аляскітових гранітах становить 3,16 %. Сума $K_2O + Na_2O$ в біотитових гранітах становить 7,94 %, а в аляскітових – 8,44 % (Кічурчак, 1983, 1988). Від першої до другої фази й далі до пегматитів збільшується вміст SiO_2 (від 60 до 75 %) і лугів та зменшуються вмісти CaO , MgO , FeO і TiO_2 , що характерно для гранітоїдних комплексів, з якими пов'язані рідкіснометалеві пегматити. У напрямку з південного сходу до північного заходу Январського поля помітне зменшення загальної меланократовості гранітів і збільшення їхньої лужності.

Краснокутські граніти належать до гранітів нормально-го ряду й характеризуються помірнішим вмістом K_2O : у середньому 4,33 %, інколи до 5,54 %, і вмістом Na_2O – на рівні 3,01 % [6]. Їхній хімічний склад майже ідентичний з хімічним складом біотитових гранітів Воскресенського масиву.

Взаємодієння январських гранітів з умісними породами в крайових частинах поля переважно поступові, субзгідні.

Між плагіомігматитами й гранітами спостерігаються великі зони перехідних гібридних порід. Водночас досить часто наявні й січні контакти гранітів з умісними породами. Контакти апліт-пегматоїдних гранітів і пегматитів чітко виражені, різкі, супроводжуються біотитизацією, епідотизацією, піритизацією та карбонатизацією.

Укорінення январських і краснокутських гранітоїдів відбувалося в інтервалі часу 2,65–2,8 млрд років тому [9].

4.2.3 Дібровський тип гранітів салтичанського комплексу (?). Граніти салтичанського комплексу зазвичай не утворюють великих масивів. У межах Вовчанського блока вони представлені видовженими, інколи неправильної форми тілами, які інтродують крайові, зрідка внутрішні частини лінійно витягнутих і мульдоподібних синклінальних структур. Саме до цього комплексу ми зараховуємо рудоконтролювальні та рудогенерувальні гранітоїди дібровського типу [21, 22, 24] у межах однойменної синкліналі, які, ймовірно, є окремою інтрузивною фазою або, можливо, самостійним комплексом.

Найбільший за розміром Центральнідібровський масив (шток) цих гранітоїдів інтродує східне крило Дібровської структури, а його апофіза – її ядро (рис. 3). Масив має близьку до ізометричної форму (2,25×1,7 км) з хвилястими границями. Він представлений сублужними лейкократовими мусковіт-біотитовими та біотитовими гранітами. Спостерігається його зональна будова: центральна частина складена великозернистими, а периферійна – переважно дрібно- та середньозернистими різновидами гранітів. Повсюдно наявна автометасоматична мусковітизація гранітів; проявлені пізніші епігенетичні зміни: окварцювання, мікроклінізація, альбітизація, турмалінізація й піритизація.

Невелике тіло (250×800 м) біотитових гранітів дібровського типу виокремлюється також у північній, рудоносній частині структури. Імовірно, це сателітне, витягнене в субмеридіональному напрямку відгалуження Центральнідібровського штоку. Ще менші за розміром лінзоподібні тіла виявлені в східному крилі синкліналі.

Дібровські граніти за речовинним складом подібні як до мокромосковських [22], так і краснокутських. Зважаючи на дані про вік, рідкісноземельнометалеvu та уран-торієvu спеціалізацію, ми цілком допускаємо їхню належність до салтичанського комплексу.

Подібні двопольовошпатові граніти інтродують, окрім Дібровської, північно-східне крило Вовчанської й північно-західне та північне крило і ядро Маломихайлівської структур. У межах останньої вони утворюють витягнений на 15 км невеликий масив завширшки від 100 до 500 м. Уздовж західного борта Лабзунівської синкліналі простежується інтрузив завдовжки близько 7 км і завширшки від 50 до 500 м. Контакти цих тіл з утвореннями дібровської світи (або тернуватської товщі) інтрузивні, і супроводжуються скарнуванням та ороговикуванням умісних порід. Невеликі інтрузиви дібровських гранітів спостерігаються в облямуванні та ядрах інших трогоподібних структур.

Описані масиви й інтрузії більшого розміру супроводжуються серіями невеликих жил і лінз пегматитів та апліт-пегматоїдних гранітів. Їхні контакти мають явний інтрузивний характер, вздовж них розвивається грейзенізація й ороговикування вмісних порід. У межах Дібровської структури виявлено окремі малопотужні тіла пегматитів мікроклінового й мікроклін-олігоклазового складу. Наявність в апліт-пегматоїдних гранітах давніших цирконів віком 3,30–3,17 млрд [21] вказує на корове джерело магматизму й захоплення цирконів з палеоархейських гранітоїдів у процесі палінгенезу.

Граніти Центральнідібровського штоку за петрохімічними й геохімічними параметрами подібні до аляскітових гранітів январського комплексу, але характеризуються дещо більшою лужністю. Зокрема, середній уміст суми лугів у дібровських гранітах становить 9,02 %, на відміну від 8,44 % у январських. Крім цього, вони містять менше Na_2O (2,19 проти 3,16 %) і більше K_2O (6,83 проти 5,28 %) (Кічурчак, 1988). Від краснокутських вони відрізняються набагато більшою лужністю. Близькі до них салтичанські ортитоносні граніти Могили Салтичії містять 5,09 % K_2O і 3,25 % Na_2O , сума лугів становить 8,34 % [6]. За відношенням $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, яке для дібровських гранітів становить 3,12, вони суттєво відрізняються як від январських аляскітових гранітів (1,67), так і салтичанських (1,57). За цим показником, та й за вмістом лужних оксидів, салтичанські ортитоносні граніти майже ідентичні январським аляскітовим.

За петрохімічними ознаками апліт-пегматоїдні граніти дібровського типу близькі до мезоархейських гранітів мокромосковського і январського комплексів. Головною відмінністю є підвищений уміст лугів (9,4 %) і вищий коефіцієнт аґпайтності (0,7), що дає змогу зарахувати їх до сублужного типу, характерного для гідротермальних середньо- і низькотемпературних TR-Mo-U-Th родовищ [14].

Для ранніх фаз апліт-пегматоїдних гранітів Дібровського типу характерний двопольовошпатовий склад і незначне переважання натрію над калієм ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0,9$). Уміст урану й торію у них близький до кларкового [24]. У породах пізніх фаз (пегматитах і аплітах) збільшується загальна лужність (10,4 %) унаслідок збільшення кількості калію під час процесів мікроклінізації ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 3,5$) та вмісту урану й торію, що перевищує кларковий у 15 і 4 рази відповідно [24].

Дібровські гранітоїди характеризуються позитивною геохімічною спеціалізацією на вісмут, цирконій, лантан, церій і фосфор. У мікроклінових, кордієритумісних пегматитах, що проривають породи Вовчанської брахісинкліналі, серед акцесорних мінералів були діагностовані берил і хризоберил (В. П. Карпенко та ін., 1979). К. Ю. Єсіпчук та інші [6] припускали, що Федорівський прояв рідкісних металів (цезій, рубідій, літій, олово, берилій і ніобій) також пов'язаний із салтичанським комплексом, власне із жилами мікроклін-олігоклазових та мікроклін-альбітових гранітоїдів. До пегматитів цього ж комплексу приурочена тантал-ніобієва мінералізація прояву Могили Салтичії з берилом та ортитом.

Вік дібровських гранітів Центральнідібровської інтрузії не визначався. Імовірно, йому відповідає вік біотитових гранітів і апліт-пегматоїдних гранітів, поширених в облямуванні Маломихайлівської структури – 2110–2170 млн років (Кічурчак, 1988). Палеопротерозойський вік салтичанського комплексу визначений за радіогенним віком циркону й становить 2089 ± 50 млн років [26].

5. Металогенічні особливості району досліджень. За результатами виконаних досліджень у межах Вовчанського тектонічного блока пропонується виокремити металогенічну одиницю – однойменний рудний район. Він є складником Оріхівсько-Павлоградської СМЗ, що належить до Приазовської (за схемою металогенічного районування В. А. Колосовської [12]) або Дніпровсько-Приазовської (за схемою А. С. Войновського [4]) металогенічної області чи субпровінції в складі металогенічної провінції УЩ. Окрім Оріхівсько-Павлоградської СМЗ, у межах західної частини Приазовського блока виокремлюються Західноприазовська й Центральноприазов-

ська СМЗ. Східноприазовська СМЗ – це східна частина Приазовського мегаблока, розміщена східніше Малоаяніської зони розломів. Згідно з районуванням [4] в її обсязі виокремлюється власне Приазовська субпровінція УЩ.

Для повнішого висвітлення металогенічних особливостей виокремленого Вовчанського рудного району потрібно підготувати стислий огляд рудної мінералізації в Приазовському мегаблочі загалом і закономірностей розміщення зруденіння відповідно до ярусної будови регіону зокрема.

5.1 Металогенія структурних ярусів. Металогенічна спеціалізація палеоархейського структурного ярусу визначається наявністю метаморфогенних родовищ заліза (Васинівське родовище й Олександрійський, Васильківський і Павлівський прояви), графіту (Сачкинсько-Троїцьке та Троїцьке родовища), ставроліту (Осіпенківське родовище), кварцитів (Васильківське родовище).

З мезоархейським структурним ярусом пов'язане зруденіння золота (Сурозьке родовище, Берестівський, Гайчурський та Косівцевський прояви), залізних руд (Мангуське, Куксунгурське, Корсацьке, Новоукраїнське, Сергіївське родовища й численні прояви – Дібровський, Вовчанський, Улянівський, Північнотерсянський), а також рідкісноземельних і радіоактивних металів (Північнотерсянський прояв), графіту (Куксунгурський і Корсацький прояви).

Палеопротерозойська тектономагматична активізація супроводжувалася становленням масивів сублужних гранітоїдів салтичанського й кам'яногогильського комплексів, андріївської та низянської асоціацій, а також лужних масивів октябрського, хлібодарівського та південнокальчицького комплексів. Саме з ними пов'язані численні родовища й прояви рідкісних, рідкісноземельних і радіоактивних металів. Найінтенсивніше активізація проявилася в межах Східноприазовської СМЗ. Оріхівсько-Павлоградська, Західно- та Центральноприазовська СМЗ зазнали менш суттєвих, локальних змін. Серед таких локальних фрагментів активізованої кори найкраще виокремлюється досліджуваний Вовчанський блок. Меншою мірою палеопротерозойські процеси зачепили Гайчурський блок, Салтичанський купол та Оріхівсько-Павлоградську СМЗ. Упродовж палеопротерозойської активізації сформувалася також Гуляйпільська брахісінкліналь у центральній частині Гайчурського блока й укоринився чернігівський комплекс в Оріхівсько-Павлоградській СМЗ. У Гуляйпільській структурі локалізоване однойменне залізрудне родовище й кілька проявів рідкісноземельних металів, урану, торію й золота, а із чернігівським комплексом пов'язане родовище апатиту із супутніми рідкісними, рідкісноземельними та радіоактивними металами. Важливою особливістю палеопротерозойської активізації також є накладення генерованої нею рудної мінералізації на зеленокам'яні структури (ЗКС) мезоархейського й породні комплекси палеоархейського ярусів. Зокрема, на залізовмісні метаморфічні товщі брахіформних структур накладене уран-рідкісноземельне й рідкіснометалеве зруденіння у Вовчанському блоці.

Як бачимо, кожен структурний ярус має типовий набір корисних копалин. Водночас наявна металогенічна спеціалізація СМЗ є результатом суміщення й проєкціювання на раніші металогенічні комплекси палеоархейського та мезоархейського ярусів пізніх мінеральних асоціацій палеопротерозойської активізації.

5.2 Металогенія структурно-металогенічних зон. *Оріхівсько-Павлоградська СМЗ* характеризується наявністю ро-

довищ і проявів заліза та рідкісних, рідкісноземельних і радіоактивних металів. За металогенічною спеціалізацією та структурними ознаками в ній виокремлюються рудні райони: Павлоградський з Преображенським TR-Th родовищем, Олександрівським, Васильківським і Павлівським проявами залізистих кварцитів, Оріхівський (Компаніївсько-Молочанське рудоносне поле в межах Чистопільської ЗКС із численними проявами TR, TR-Th, Y, Nb у пегматитах та їхній корі вивітрювання), Кам'яногогильський (Куксунгурське рудне поле; Корсацьке, Куксунгурське, Новоукраїнське та Сергіївське залізрудні родовища), а також Північнотерсянське (Васинівське родовище заліза та Північнотерсянський TR-U-Th прояв), Новогурівське (однойменний U-Th прояв) й Остриківське (однойменний TR-Th прояв) рудоносні поля.

До цього переліку пропонуємо додати Вовчанський рудний район. Він характеризується профільною рідкісноземельно-уран-торієвою мінералізацією, подекуди з рідкісними металами. У його межах розміщуються Дібровське (зі спеціалізацією на TR, U, Th, Li, Be) та Вовчанське (Li, Be, U, Nb, W) рудні поля, а також Маломихайлівське (TR, Nb, U, Th), Улянівське, Зеленогайське та Петриківське рудоносні поля.

Металогенічна спеціалізація *Західноприазовської СМЗ* – Ta, Nb, Li, TR, U, Th, *ap* (апатит), Fe, Au. У її межах визначені Федорівська, Гайчурська, Чернігівська та Сорокинська структури, а також Єлисеївський і Куйбишевський рудні райони та Гуляйпільське рудне і Янчурське рудоносне поля. Рідкісноземельно-рідкіснометалева з ураном і торієм спеціалізація СМЗ переважно зумовлена розвитком рідкіснометалевих та уран-рідкісноземельних пегматитів. Структурно поля пегматитів приурочені до ЗКС мезоархею: Шевченківсько-Федорівської, Гайчурської, Сорокинської, Новогурівської, Чистопільської та Північнотерсянської. Золоторудна мінералізація локалізується в полях розвитку метабазитів цих же структур. Спеціалізація Чернігівської зони на *ap*, Nb, Ta, TR, U, Th пов'язана зі становленням чернігівського лужного комплексу палеопротерозою.

На межі Вовчанського блока й Ремівської Західноприазовської СМЗ розміщені Шевченківське й Федорівське пегматитові рудні поля з рідкіснометалевою спеціалізацією (Li, Ta, Nb, Rb, Cs, Sn). Успенівське (Східногайчурське), Центральногайчурське і Косівцевське рудоносні поля в межах Гайчурської ЗКС спеціалізовані на Au, Ag, TR_у, U, Th, Mo. Зазначимо, що Успенівське поле розташоване в південно-східній частині Тернуватської трогоподібної структури, уміщує уран-рідкісноземельне зруденіння і представлене низкою рудопровів ітрію, церію, урану, молібдену.

Спеціалізація Гуляйпільського рудного поля: Fe, TR, Th, U, Au. Головним об'єктом поля є однойменне родовище залізних руд. Виявлене в межах поля рідкісноземельно-торій-уранове зруденіння пов'язане із метасоматичною регенерацією первинно-осадового палеопротерозойського розсипного прояву монациту й циркону. Цілком очевидно, що такий розсип утворився внаслідок розмиття продуктивних на TR, U, Th палеопротерозойських гранітоїдів, меншою мірою – помірно зрудених мезоархейських порід январського комплексу.

У межах *Центральноприазовської СМЗ* рідкіснометалева металогенічна спеціалізація пов'язана із масивами сублужних гранітів – Катеринівським, Кам'яногогильським, Стародубівським і Малоаяніським. Рідкісноземельна з ураном і торієм мінералізація приурочена до Миколаївської зони розломів, що відмежовує Західноприазовську й Центральноприазовську СМЗ і де розміщується родовище монациту й циркону із

супутнім торієвим зруденінням пегматитового типу – Могила Вісла. Мінералізація локалізується в лінзоподібних тілах пегматитів кам'яномогильського комплексу.

Вирішальний вплив на формування металогенії *Східно-приазовської СМЗ* мало становлення сублужних і лужних комплексів палеопротерозойської активізації, що генерували рідкіснометалеве й рідкісноземельнометалеве (із супутніми урановим і торієвим) зруденіння. Вовчанський блок, як зазначено вище, також зазнав суттєвого впливу й набув металогенічних ознак, характерних для Східноприазовської СМЗ. Саме це дало підстави А. С. Войновському [4] припустити доволі суперечливу думку про належність території Вовчанського рудного району до Східноприазовської СМЗ.

Отже, рідкісноземельно-уран-торієва мінералізація виявляє чіткі зв'язки з палеопротерозойським комплексом активізації, що завершував геологічний розвиток Приазовського мегаблока. Важливо, що зруденіння такого типу є доволі поширеним у Приазовській металогенічній субпровінції, однак з максимальною продуктивністю воно проявлене в її північній частині, у межах Вовчанського рудного району. Рудно-металогенічним аналогом описаної мінералізації можна вважати зруденіння метасоматичного типу калій-уранової формації Центральноукраїнського урановорудного району.

5.3 Комплексне зруденіння радіоактивних і рідкісноземельних металів. Дібровське родовище в межах Вовчанського рудного району є головним і найвивченішим представником комплексної TR-U-Th мінералізації Приазовської металогенічної області. Водночас геологічна вивченість незначних за масштабом рудопроявів і пунктів мінералізації здебільшого є недостатньою. Проте огляд наявних об'єктів навіть за обмеженої вивченості дає змогу сформуванню ціліснішого уявлення про металогенічні особливості Приазовської субпровінції та Вовчанського рудного району загалом і рудогенез Дібровського родовища зокрема.

5.3.1 Дібровське родовище розміщується в північній частині однойменної мульдоподібної брахісінкліналі (рис. 3), яка має витягнену в субмеридіальному напрямку факелоподібну в плані форму й розміри 4,1×1,5 км. За даними щільнісного моделювання складка замикається на глибині 1100–1500 м.

TR-U-Th зруденіння приурочене до пачки кварцитів, що залягають в основі стратифікованого розрізу брахісінкліналі. Кварцити за складом силіманіт-мусковітові, подекуди сульфідизовані (пірит, халькопірит, молібденіт). Серед кварцитів окремими свердловинами розкриті магнетит-умісні кристалосланці (сверд. 766), а також біотитові гнейси (сверд. 756, 804, 841). У підшві, на контакт з палеоархейським фундаментом, розміщуються кварцити біотитизовані, мікроклінізовані, піритизовані; поширені жили й лінзи біотит-мікроклінових апліт-пегматитів, гранітів (сверд. 735, 755 та ін.) і поодинокі тіла ультрабазитів (сверд. 35). Продуктивна мінералізація локалізується в інтенсивно катаклазованих (бластокатаклазити, бластомілоніти) і метасоматично змінених (мікроклінізація, окварцювання, сульфідизація – пірит, халькопірит, молібденіт) гранітоїдах і вмісних кварцитах.

Накопичення (або регенерація згідно з осадовою генетичною моделлю) урану, торію й РЗЕ зумовлене розвитком калієвого й кремній-калієвого метасоматозу на завершальних фазах формування сублужних гранітоїдів дібровського типу. На перших стадіях калієвого метасоматозу відбувалося збагачення й накопичення в рудах переважно торію й РЗЕ (монацит, інколи з укралпленнями уранініту), а пізніше, у процесі нарощування інтенсивності кремній-калієвого

метасоматозу, збільшуються концентрації урану (настуран, бранерит). Пізні кремній-калієві метасоматити розвиваються по всіх типах умісних порід, проте переважно приурочені до пегматоїдних гранітів. Під час метасоматозу характерним є процес заміщення кварцу мікрокліном з утворенням його великозернистих агрегатів.

Зруденіння утворює три паралельні в плані й розрізі рудні зони: верхню, середню та нижню, які простягаються за латераллю на 1700 м, а за падінням вертикальний (збережений від ерозії) розмах зруденіння простежений на 700 м. Потужність урановорудних зон неоднакова: верхньої сягає до 25–30 м, середньої – 15–20 м і нижньої – у середньому 5 м [14].

Рудні мінерали (монацит, бранерит, настуран, рутил, пірит) укрій нерівномірно розподілені у кварцитах. Їхній уміст може змінюватися від поодиноких зерен до ураганих концентрацій. Зокрема у сверд. 70 на глибині 348 м уміст монациту становить 15–20 % за незначних концентрацій бранериту, настурану, молібденіту, рутилу. На противагу цьому, на глибині 320,8 м уміст уранових мінералів підвищується до 1–4 %, а монациту не перевищує 5 %. Також з'являється пірит на рівні 1–6 %. Такий невитриманий розподіл мінералізації притаманний для зруденіння метасоматичної природи. До речі, перша із зазначених монацит-рутил-бранерит-настуранових асоціацій спеціалізується на TR, U, Th (у порядку спадання значення), а друга – на U, Th, TR, Co, Ni.

Загалом можна виокремити такі парагенетичні рудні асоціації від більш високотемпературних до низькотемпературних: циркон+монацит → рутил → настуран+бранерит → молібденіт → пірит-1 → піротин+самородний вісмут+вісмутин → пірит-2+галеніт+халькопірит+сфалерит [21].

Згідно з даними, наведеними в праці [17], руди за вмістом торію (0,017 %) й урану (0,0315 %) належать до рядових, а за сумою рідкісних земель (0,362 %) – до багатих.

5.3.2 Янчурський прояв урану (стара назва – Гуляйпільський) розміщений у північно-західній частині Ремівського блока (рис. 2). Приурочений до перетину тектонічного порушення північно-західного простягання (північне відгалуження Янчурського розлому) з метаморфічними породами тернуватської товщі мезоархею, які утворюють Успенівську синкліналь. Товща представлена гнейсами й сланцями біотитовими, гранат-біотитовими, з прошарками амфібол-магнетитових кварцитів потужністю до 30 м, які ін'єктовані великою кількістю жил двопольовошпатових гранітів і олігоклаз-мікроклінових пегматоїдних гранітів. Порооди утворюють підковувату Успенівську синклінальну складку завширшки приблизно 1 км і кутом падіння крил 50–60°.

Уранове зруденіння приурочене до зони тектонічного порушення. У зоні розлому породи інтенсивно роздроблені, мілонітизовані й сульфідизовані. Вкрапленість піриту й піротину становить 10–35 % і більше. У породах виявлено також золото – до 0,3 г/т, срібло – 30 г/т, мідь – 0,015 % і свинець.

Рудна зона завдовжки 50 м розкрита двома свердловинами й представлена зім'ятими, хлоритизованими, окварцованими та мікроклінізованими біотитовими гнейсами. У гнейсах виявлений інтенсивний розвиток таких вторинних мінералів, як хлорит, гідробіотит, мікроклін, кварц, пірит та епідот. Розкриті свердловинами рудні інтервали являють собою кварц-хлоритові сланці, насичені вкрапленнями рожевого мікрокліну. У сверд. 33 рудна зона складена мікрокліном і хлоритовою тонкозернистою аморфною масою. Спостерігаються ділянки з переважанням хлоритів або мікрокліну. Порода тонкосмуриста, на окремих ділянках брекчієподібна.

Потужність рудної зони становить 5,9 м, протяжність за падінням – до 100 м. Уміст урану змінюється від 0,0295 до 1,2220 %; торію – від 0,0002 до 0,002 %.

За даними аналітичних досліджень зруденіння представлено монокомпонентними урановими рудами; торію й рідкісних земель не виявлено. За висновком КП “Кіровогеологія” “рудопрояв Янчурський (Гуляйпільський) зумовлений низькотемпературним гідротермальним залізисто-магнезійним карбонатним метасоматозом”. Накладена пізня пірит-карбонатна мінералізація, з якою пов’язана U-вмісна органіка, характеризується різним ступенем радіоактивності. Органічна речовина містить сорбований уран або тонкодисперсну домішку кофініту. Крім того, радіоактивність зумовлена сорбцією урану на хлориті, епідоті, лейкоксені, гідроксидах Fe, а також чернями й окислами урану, що тісно зрослися з органічною речовиною. Вміст урану в монофракції органічної речовини становить 5 %.

Автори цього висновку з невідомих причин ігнорують провідну роль пегматитів у первинному збагаченні вмісних порід ураном і РЗЕ, а також явно виражений інтенсивний кремній-калієвий метасоматоз, який привів до істотного окварцювання та мікроклінізації рудного тіла в зоні розлому, і, ймовірно, регенерації урану. Підтверджує цю гіпотезу факт виявлення за 500 м на північ від сверд. 2 та 33 прояву рідкісних і рідкісноземельних металів (Y, Yb, Ce, Zr) екзогенного типу підвищеної радіоактивності. Рідкісноземельно-металеве зруденіння приурочене до кори вивітрювання пегматоїдних гранітів.

5.3.3 Східногайчурське рудне поле. У південно-східній частині Гайчурської ЗКС виявлено кілька пов’язаних з пегматитами уран-рідкісноземельних рудних вузлів (рудопроявів): Успенівський, Новоуспенівський, Малинівський (рис. 2). За спільними ознаками геолого-структурних умов вони об’єднуються в Східногайчурське рудне поле.

Гайчурська структура – це дугувата прирозломна структура трогового типу, яка облямовує Гуляйпільський блок з північного заходу, півночі та північного сходу. Структура виповнена мезоархейськими метавулканогенно-осадовими породами косівцевської та тернуватської товщ, які метаморфізовані в РТ-умовах епідот-амфіболітової фації. Східногайчурське рудне поле контролюється Куйбишевською зоною розломів.

З пегматитами Східногайчурського рудного поля пов’язана рідкісноземельна мінералізація [7]. Рудоносні пегматити представлені трьома типами: 1) рідкісноземельні олігоклаз-мікроклінові, 2) альбітові рідкіснометалевої спеціалізації та 3) безрудні керамічні. Рідкісноземельні олігоклаз-мікроклінові пегматити утворюють круті до субвертикальних плиткуваті тіла зональної будови потужністю від 1 до 59 м і протяжністю до 300 м. Макроскопічно це рожево-сірі, світло-сірі та рожеві різнокристалічні породи, складені (%) мікрокліном (30–60), олігоклазом (30–70), кварцом (25–35), мусковітом і біотитом (від поодиноких луск до 5–10 %). Подекуди в них трапляються зерна турмаліну, гранату, силіманіту (фібrolіту), діопсиду.

Зональність у пегматитах проявляється слабо, а зруденіння розподіляється безсистемно. Найявне лише незначне підвищення вмісту рідкісноземельних мінералів у контактній і біотит-плагіоклазовій зонах, де їхній уміст в окремих жилах сягає (у кг/т): ксенотиму – 1,915; монациту – 0,104. Рідкісноземельно-металеве зруденіння повсюдно супроводжується мінералізацією урану й торію. Вміст урану в рудних зонах змінюється від 0,0001 до 0,062 %. Загалом у межах рудного поля розкрито буровими свердловинами приблизно 20 тл пегматитів

з уран-рідкісноземельно-металевою мінералізацією (Кіншаков, 1990). У пегматитах виявлено підвищені вмісти важких елементів (гадоліній-ітербій) та ітрію. Подібне збагачення відбувалося не тільки через магматичні (часткового плавлення та/чи кристалізаційної диференціації) процеси, а й унаслідок їхнього вибіркового перенесення у флюїдній фазі.

Серед рудних мінералів переважають ксенотим та уранініт, зрідка трапляється монацит, циркон, ітрититаніт, ільменіт, уранові черні, самородний вісмут, молібденіт. Крім РЗЕ, у пегматитах виявлені підвищені вмісти фосфору, молібдену, вісмуту, вольфраму.

У південно-східному напрямку уран-рідкісноземельно-металева мінералізація Східногайчурського поля поступово змінюється на рідкіснометалеву Куйбишевського рудного поля, де виявлено прояви ніобію, літію, цезію.

Окрім рудопроявів, пов’язаних з пегматитами, у межах рудного поля виявлено й прояви рідкісноземельних металів екзогенного типу в корі вивітрювання гранітоїдів.

5.3.3.1 Успенівський рудопрояв виявила 1980 р. Новомосковська ГРЕ (рис. 2). Він розташований за 2,5 км на південь від с. Успенівка Гуляйпільського району Запорізької області.

Уміст ксенотиму в корі вивітрювання пегматитів становить 1,5–5,45 кг/т. Максимальний уміст монациту не перевищує 0,034 кг/т. Виявлені також підвищені вмісти: ітрію – 0,01–0,15 %, ітербію – 0,001–0,01 %, лантану – до 0,05 %, вісмуту – до 0,05 %. Радіоактивність рудоносного інтервалу сягає 482 мкр/год, а вміст урану становить 0,001–0,01 %.

У корінних жилах пегматитів, потужністю до 6 м і протяжністю 265 м, мінералогічним аналізом виявлені: ксенотим – 1,955 кг/т, монацит – 0,104 кг/т, циркон – до 0,119 кг/т, молібденіт – 0,0025 кг/т, уранініт, уранова чернь. За даними хімічного аналізу вміст РЗЕ варіює від 0,03 до 0,11 %, урану – від 0,004 до 0,062 %.

5.3.3.2 Малинівський рудний вузол. Об’єднує молібден-урановий із супутнім рідкіснометалевим і рідкісноземельним зруденінням та уран-рідкісноземельний рудопрояв.

Молібден-урановий рудопрояв розташований на 2 км західніше с. Малинівка Гуляйпільського району Запорізької області, у південно-східній частині Гайчурської структури. Він пов’язаний із жилами пегматоїдних гранітів салтичанського комплексу серед вулканогенно-осадових утворень косівцевської та тернуватської товщ. Гранат-турмалінові пегматоїдні граніти залягають переважно згідно зі сланцюватістю вмісних порід. Потужність жил змінюється від 0,1 м до 10, зрідка 20 м.

Зруденіння локалізується в зальбандах жил гранітоїдів, де вміст молібдену становить 0,15 %, вольфраму – 0,015 %, двооксиду літію – 0,03 %, цезію – 0,0019 %, рубідію – 0,028 %. Рідкіснометалево-молібденове зруденіння супроводжується сульфідною мінералізацією й підвищеними концентраціями урану, торію, вісмуту та срібла. З глибиною вмісти молібдену, олова, срібла й міді помітно зростають.

5.3.3.3 Власне Малинівський рідкісноземельно-урановий рудопрояв приурочений до потужної жили олігоклаз-мікроклінового пегматиту. У шліхах мінералогічних проб виявлені: гранат, монацит (чераліт), ксенотим, уранініт, уранова чернь, магнетит, пірит, апатит. Розкрита потужність жили пегматиту становить 69 м (свердловина не вийшла в умісні породи). За простяганням жила простежена на 170 м, на глибину – до 330 м.

За даними спектрального аналізу вміст ітрію сягає 0,015 %, церію – 0,005 %, лантану – 0,07 %, вісмуту – 0,007 %. За даними хімічного аналізу вміст суми РЗЕ варіює в межах 0,044–0,058 % (сверд. 810) і 0,02–0,09 % (сверд. 824). Максимальна радіоактивність рудного інтервалу становить 548 мкр/год.

Уміст урану сягає 0,024 % за потужності рудних тіл 0,5 м і низького вмісту торію.

Продуктивна мінералізація представлена монацитом (чералітом), ксенотимом, урановими чернями й уранінітом, які заповнюють тріщинки в породі разом з піритом або локалізуються в міжзернових скупченнях біотиту. Мінералізація вкрапленого типу пов'язується з формуванням пегматитів. На епігенетичній стадії рудні мінерали зазнали часткового руйнування. Зокрема, монацит і ксенотим розтріскалися, по периферії їхніх зерен і по мікротріщинах розвинулися облямівки продуктів окиснення (уранова чернь). Уранініт представлений дрібними вкрапленнями чорного кольору прямокутної форми. Уранова чернь утворює матові корочки чорного кольору.

Кристали ксенотиму – зерна чорного кольору видовжено-призматичної форми. За даними М. М. Ільвицького, у них виявлено: ітрії – 6 %, ітербій – 0,08 %, фосфор – 3 %, уран – 2 %, торій – 0,6 %, цирконій – 0,5 %, кальцій – 1,5 %, залізо – 6 %, свинець – 0,03 %. Монацит (чераліт) утворює плескуваті тріщинуваті зерна бруднувато-жовтого кольору з темним нальотом на поверхні. У його складі наявні: церій – 10 %, лантан – 10 %, фосфор – 8 %, торій – 10 %, уран – 0,4 %, ітрії – 1 %, берилій – 0,001 %, кальцій – 4 %, залізо – 1 %, свинець – 0,1 %.

5.3.4 Західногуляйпільський-II рудопрояв відкрили під час розвідувальних робіт на Гуляйпільському родовищі залізистих кварцитів. Він приурочений до пачки мономінеральних кварцитів, що залягають в основі розрізу Гуляйпільської структури (рис. 2). Рудовмісні породи гуляйпільської світи за складом і стратиграфічним положенням подібні до дібровської світи однійменного родовища, однак відрізняються за палеопротерозойським віком, майже цілковитою відсутністю проявів інтрузивного впливу та нижчим ступенем метаморфізму.

Зруденіння локалізоване в катаклазованих вторинних кварцитах по гравеліту й великозернистому пісковіку. Цемент містить спорадично розсіяну вкрапленість сульфідів (пірит + халькопірит). Сульфід утворюють також мікропрожилки (марказит), що січуть умісні породи й заповнюють мікротріщини (пірит), орієнтовані переважно згідно з видовженням темноколірних мінералів. Акцесорні мінерали: циркон, монацит, апатит, рутил, кофініт, гідронастуран, вуглецева речовина (антраксолі?).

Уранова мінералізація представлена мікропрожилками гідронастуран-кофінітового складу в локальних зонах лінійної мікротріщинуватості й тонкорозсіяним приховано-кристалічним кофінітоподібним мінералом на ділянках тріщинуватих, сульфідизованих порід. Торієносним є монацит.

За результатами досліджень КП “Кіровгеологія”, генетичний тип Західногуляйпільського рудопрояву – осадовий метаморфізований.

Як представник зруденіння осадового типу розглядається також і Північнотерсянський рудопрояв, описаний у праці [19]. Рудна мінералізація представлена цирконом, монацитом, апатитом, турмаліном, до яких уран входить як ізоморфна домішка урановими окислами. Кількість рутилу сягає 15–20 %, турмаліну – 3 % й подекуди трапляються гранат, сфен, ортит.

Важливим аргументом на користь можливого метасоматичного генезису Північнотерсянського прояву є наявність низки південніших уранових проявів, що, як і Північнотерсянський, приурочені до Оріхівсько-Павлоградського глибинного розлому. Серед них вирізняється найвивченіший Новогурівський рудопрояв – очевидний представник метасоматичного генетичного типу.

5.3.5 Новогурівський торій-урановий прояв виявлений у Новогурівській ЗКС (рис. 2) на південно-східній околиці

с. Новогурівка (В. Ф. Кіктенко, 1974). Уран-торієве зруденіння приурочене до метабазальтів новогурівської товщі мезоархею, яка інтенсивно інтродована двопольовошпатовими гранітоїдами. Вмісні метабазальти й гранітоїди інтенсивно катаклазовані й метасоматично змінені – хлоритизовані, епідотизовані, альбітизовані, мікроклінізовані та сульфідизовані. Подекуди мікроклінізовані гранітоїди за складом відповідають граносієнітам і кварцовим сієнітам, а вміст Na_2O в альбітизованих гранітах сягає 7–8 %, у разі зниженої кількості K_2O – приблизно 1 %.

Свердловинами розкрито 12 аномально активних зон, представлених метасоматично зміненими породами. Найвищі вмісти радіоактивних елементів встановлені в катаклазованих і метасоматично змінених амфіболітах: U – 0,009–0,047 %, Th – 0,008–0,081 %. Рудна та акцесорна мінералізація представлена цирконом, монацитом, оранжитом (гідратизованим торитом), ураноторіанітом, уранофаном, урановими чернями, халькопіритом, піритом, галенітом, магнетитом, апатитом, які зазвичай утворюють поодинокі ідіоморфні вкраплення в польових шпатах. По ураноторіаніту розвиваються продукти окиснення – півки помаранчевого та жовтого кольору.

За висновками КП “Кіровгеологія” рудна мінералізація торію й частково урану представлена вкрапленнями акцесорних мінералів оранжиту й ураноторіаніту. Накладена уранова мінералізація – це уранові черні та уранофан в асоціації із сульфідами. Відношення урану до торію збільшується з глибиною.

5.4 Зв'язок зруденіння з породними комплексами. Для більшості описаних вище рудопроявів (у корінних породах) характерні тісні просторові зв'язки з двопольовошпатовими гранітами й пегматитами дібровського типу, январського та, ймовірно, салтичанського комплексів. Для окремих об'єктів такі зв'язки не задокументовані, що давало першовідкривачам підставу пов'язувати їх зі стратиграфічними товщами, у яких вони локалізовані. За наявності переконливих доказів із цим можна погодитися. Однак треба мати на увазі, що зруденіння таких рудопроявів розкрито поодинокими свердловинами й наявна геологічна інформація може бути недостатньою, щоб зробити обґрунтовані висновки. Прикладом цьому є власне Дібровське родовище. На початкових етапах вивчення його безальтернативно зараховували до конгломератового генетичного типу. Додаткові фактичні дані, отримані в процесі пошуково-оцінювального буріння свердловин, засвідчили інтенсивні тектоно-метасоматичні перетворення рудної мінералізації, її регенерацію та ймовірне гідротермально-метасоматичне походження, пов'язане з укоріненням апліт-пегматоїдних гранітів.

Особливо очевидно є рідкісноземельна та рідкіснометалева металогенічна спеціалізація двопольовошпатових гранітоїдів досліджуваного району. Виявлені Шевченківське рідкіснометалеве та Дібровське рідкісноземельно-уран-торієве родовища пов'язуються з пегматитами краснокутських і дібровських гранітів відповідно. Належність їх до январського чи салтичанського комплексів поки що вірогідно не підтверджена.

Мезоархейські аляскітові граніти январського комплексу поза межами мезоархейських структур, складених стратифікованими метаморфічними товщами, вміщують окремі прояви монациту з низькими промисловими вмістами корисного компонента. Їхню перспективність вірогідно не з'ясовано у зв'язку з низьким рівнем вивченості. На сьогодні певний інтерес можуть становити прояви в корах вивітрювання гранітоїдів, де відбувається гіпергенне збагачення акцесорними мінералами. Зокрема, Преображенське родовище представлено елювіальними концентраціями монациту в корі вивітрювання.

Набагато перспективнішими є палеопротерозойські гранітоїди салтичанського та кам'яногомільського комплексів. Саме з ними пов'язується потенційно промислове комплексне рідкісноземельнометалеве зрудення з ураном і торієм. У цьому плані важливо згадати два TR-Th рудопрояви в Корсацькому блоці Оріхівсько-Павлоградської СМЗ: Остриківський та у сверд. 1010. Вважається беззаперечним факт зв'язку їхньої мінералізації з ортитоносними гранітоїдами салтичанського комплексу, що дає привід для кореляції салтичанських і дібровських гранітів. Зазвичай продуктивні гранітоїди (апліт-пегматодні граніти) приурочені до полів розвитку стратифікованих мезоархей-неоархейських порід дібровської світи, новогорівської та тернуватської товщі і осипенківської серії. Відповідно більшість схарактеризованих вище корінних рудопровів розміщуються в синклінальних структурах лінійної та брахіальної морфології, а залишкові – у корі вивітрювання над ними.

У межах Вовчанського рудного району також відомі прояви рідкісноземельної мінералізації з низькими вмістами радіоактивних елементів. Зокрема, вони виявлені в Лабзунівській, Північноулянівській і Маломихайлівській синкліналях (рис. 2, 3). Їхній генезис, подібно до Дібровського родовища, також є дискусійним через різні погляди щодо первинної природи мінералізації (осадової, магматичної, метасоматичної тощо). Водночас майже немає заперечень щодо найпізніших метасоматичних процесів, які супроводжували проникнення в метатеригенні породи тіл апліт-пегматодних гранітів і спровокували регенерацію, перерозподіл та збагачення первинного зрудення.

У процесі багатофазного проникнення гранітоїдів, спеціалізованих на рідкісних землях і метали з торієм та ураном, рудоутворення відбувалося в сприятливих геолого-структурних умовах. Зокрема такі умови створювалися в накладених синклінальних структурах типу Дібровської, виповнених неоднорідними за складом нашарованими утвореннями. Вони відігравали роль своєрідних фізико-хімічних бар'єрів, які викликали розвантаження рудоносних розчинів і власне рудонакопичення. Водночас у межах полів гранітоїдів, одинорідних за будовою й одноманітних за складом, спостерігається лише незначне збагачення рудними компонентами, переважно у вигляді вкрапленої акцесорної мінералізації.

6. Геохронологічні межі формування Дібровського родовища. Дібровська синкліналь була закладена на консолідованому палеоархейському фундаменті, вік якого оцінюється щонайменше в 3,4 млрд років (за віком порід вовчанської товщі [2]). З великою ймовірністю можна говорити, що відклади дібровської світи накопичилися в часовому діапазоні від $3\,085 \pm 5$ млн років – гранулітовий метаморфізм утворень вовчанської товщі [26] – до $2906\text{--}2933$ млн років тому [22] – завершення літогенезу й метаморфізм амфіболітової фації рудовмісних порід Дібровського родовища.

Процес рудоутворення був поліхронним, багатостадійним. Найраніший, мезоархейський етап пов'язаний з укоріненням $2,65\text{--}2,8$ млрд років тому [9] январського комплексу в приконтатковій зоні Дібровської структу-

ри. Ці дати підтверджено віком малаконізованого циркону з кварцитів – 2617 ± 21 млн років, утвореного внаслідок термального впливу январських гранітів на кварцити [22]. Виявлені в апліт-пегматитах давніші кристали циркону віком $3,30\text{--}3,17$ млрд років [21] свідчать про коровий характер магматизму й захоплення циркону з палеоархейських гранітоїдів у процесі палінгенезу. Адже на сьогодні достеменно відомо, що в межах аналогічних за будовою архейських структурних поверхів Приазовського й Середньопридніпровського мегаблоків двопольовошпатові гранітоїди почали формуватися не раніше як $3,0\text{--}2,9$ млрд років тому. Саме на цьому етапі відбувся еволюційний перехід від Na-плагіоклазового до переважно K-Na-двопольовошпатового магматизму внаслідок підвищення загальної лужності анатектичних виплавів і ролі калію в їхньому складі.

Продуктивна TR-U-Th мінералізація сформувалася на палеопротерозойському етапі $1,9\text{--}2,2$ млрд років тому. Вона була генерована гідротермально-метасоматичними процесами, які супроводжували проникнення завершальних фаз, імовірно, салтичанського комплексу і були представлені гранітоїдами дібровського типу.

За результатами нещодавно завершених прецизійних досліджень з'ясовано, що утворення продуктивної мінеральної асоціації монацит-уранініт (рис. 4) відбулося в часовому інтервалі $2085\text{--}2115$ млн років тому. Роботи виконано в м. Потсдам (Німеччина) за методикою CHIME (Chemical Th-U-total Pb Isochron Method) [28] на приладі з високою роздільною здатністю Hyperprobe JXA-8500F (Field Emission Electron Probe Microanalyser). Вивчено мусковіт-силіманіт-мікроклін-кварцовий рудоносний метасоматит по апліт-пегматодному граніту зі сверд. № 70, кернова проба з глибини 320,8 м. Раніше отримана цифра 1,98 млн років [22] імовірно фіксує пізнішу стадію рудоутворення – кристалізацію настурану й бранериту переважно внаслідок розпаду ранішніх монациту й уранініту.

Докладніше результати геохронологічних досліджень за методикою CHIME ми плануємо висвітлити в окремій публікації, присвяченій особливостям рудної мінералізації Дібровського родовища.

7. Генетичні аспекти Дібровського родовища. Як бачимо, створення обґрунтованої геолого-генетичної моделі TR-U-Th зрудення Дібровського родовища й загалом Вовчанського рудоносного району неабияк залежить від успішного розв'язання наявних проблем стратиграфії, магматизму, металогеії та геохронологічного датування рудовмісних порід, метасоматитів і продуктивних мінеральних асоціацій. У процесі виконан-

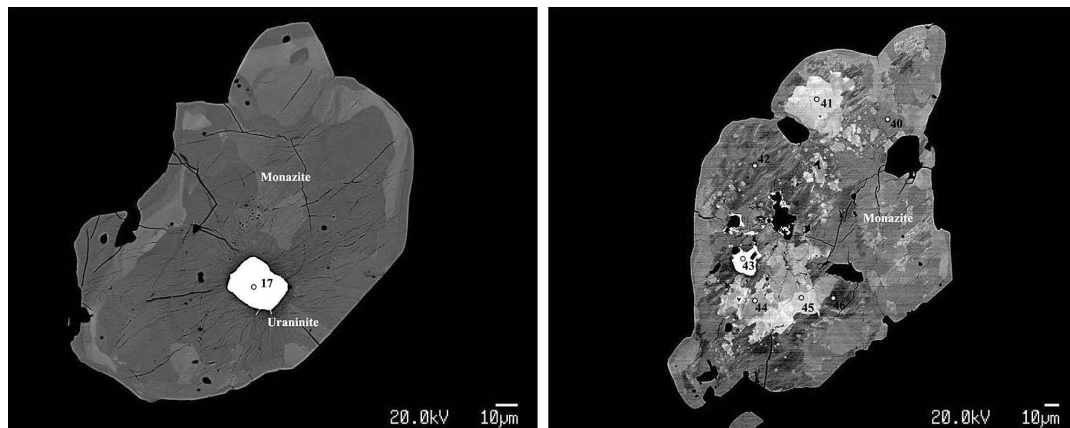


Рис. 4. Мікрофотографії монациту (відтінки сірого, точки 40–42, 43–46) з украленнями уранініту (біле, точки 17 і 43), які отримано за допомогою Hyperprobe JXA-8500F, Потсдам, Німеччина

ня досліджень було деталізовано вже відомі та з'ясовано нові геологічні чинники, які впливали на перебіг рудогенезу, проте залишалися поза увагою або розглядалися як другорядні.

За сумою наявних на сьогодні даних зруденіння Дібровського родовища можна зарахувати до калій-уранової формації метасоматичного (гідротермально-метасоматично) типу. Аналогом у межах УЩ є комплексна TR-U-Th мінералізація, поширена в Центральноукраїнському урановорудному районі, наприклад, родовища Південне, Калинівське, Заваллівський рудопрояв. В інших докембрійських регіонах В. К. Тітов [20] аналогами такого типу зруденіння вважає родовища Шарлебуа-Лейк, Банкрофт на Канадському щиті, понад 50 % проявів у докембрійських утвореннях Індійського, Західнобразильського й Феноскандинавського щитів. Автор об'єднує їх як групу родовищ у пегматоїдних гранітах і кварц-мікроклінових метасоматитах, сформованих на етапі ранньопротерозойської гранітизації докембрійських регіонів. Дібровське родовище за віковим, геолого-структурним, речовинним критеріями — типовий представник такої формації. Серед визначальних критеріїв такі:

1) Рудовмісний комплекс представлений мезоархейськими метаморфічними утвореннями амфіболітової фації, які складають Дібровську, а також Гайчурську, Новогурівську, Шевченківсько-Федорівську, Сорокинську та інші структури. В об'ямуванні таких структур зазвичай поширені архейські плагіогранітоїди та плагіомігматити ремівського, обіточненського й шевченківського комплексів. Тобто сприятливими для локалізації рідкісноземельного зруденіння з ураном і торієм є накладені на палеоархейський цоколь мезоархейські структури мульдоподібної та лінійної морфології.

2) Наявний просторово-генетичний зв'язок зруденіння з палеопротерозойськими двопольовошпатовими гранітоїдами дібровського типу, які ми зарахували до салтичанського комплексу. Мезоархейські граніти январського комплексу поширені переважно поза межами накладених структур, тоді як граніти дібровського типу проривають метаморфічні породи цих структур з утворенням невеликих масивів, штоків, лінз і шлірів.

3) Відчутний вплив розломів північно-західного й північно-східного простягання, які належать відповідно до Самарської та Андріївської регіональних тектонічних систем. Дібровська брахісинкліналь розмежована Артемівським розломом, що належить до Самарської системи, на дві частини – південну й північну. За геофізичними даними виокремлюється також субмеридіональний розлом, що розділяє Дібровську брахісинкліналь на західну й східну частини. Метаморфічні породи в зонах розломів зазнали інтенсивного катаклазу, міліонізації, а відтак стали сприятливими для проникнення численних жил апліт-пегматоїдних гранітоїдів та інтенсивного метасоматозу. На ділянці накладення розломів різноспрямованих тектонічних систем утворився характерний флексурний вигин метаморфічних порід, що також сприяло рудонакопиченню.

4) Продуктивна мінералізація локалізується в метасоматично змінених гранітах, аплітах і пегматитах, які завершують формування палеопротерозойського салтичанського комплексу, меншою мірою – у мікроклінованих кварцитах мезоархейської дібровської світи. Апліт-пегматоїдні граніти утворюють серії субпаралельних жил, які об'єднуються в ланцюжки. Відношення лугів K_2O/Na_2O у них сягає 3,5. Спостерігаються підвищені вмісти РЗЕ церієвої групи, торію й урану. Торій-уранове відношення змінюється в межах від 1,0 до 4,0. Елементи-супутники урану: ніобій, свинець, молибден, вісмут, мідь, цинк та олово. Їхній вміст у гранітах, аплі-

тах, пегматитах і кварцитах удесятеро перевищує місцевий кларк для порід Приазовського мегаблока [22].

5) У складі руд переважає сірий, темно-сірий, аж до чорного, кварц (70–90 %) та мікроклін. У підпорядкованій кількості (до 10–15 %) наявні силіманіт, мусковіт, біотит, а також рудні мінерали: монацит, циркон, рутил, настуран, бранерит, уранініт, молибденіт, пірит, піротин, вісмутин, галеніт, халькопірит, сфалерит та інші.

6) Накопичення урану, торію й рідкісноземельних елементів зумовлено розвитком калієвого та кремній-калієвого метасоматозу в процесі гранітизації. Циркон-монацитова мінералізація – раніша. Пізні кремній-калієві метасоматити розвиваються по всіх типах умісних порід, але частіше вибірково тяжіють до пегматоїдних гранітів. У процесі метасоматозу кварц заміщується мікрокліном, спостерігається утворення його великозернистих агрегатів. Зі збільшенням інтенсивності гідротермально-метасоматичних змін, власне мікроклінізації, спостерігається збільшення вмісту торію й урану, зокрема у кварцових метасоматитах по аплітах і пегматитах його кількість сягає (U 418 г/т, Th 591 г/т).

Висновки. Одним зі шляхів оптимізації мінерально-сировинної бази урану вважаємо оцінку покладів комплексних уранумісних руд. Передусім це стосується родовищ і рудопроявів метасоматичного типу калій-уранової формації, які, окрім урану, містять торій, рідкісні землі, молибден. Велику кількість їх виявлено в межах відомого й добре вивченого Центральноукраїнського урановорудного району в центральній частині УЩ. У межах Приазовської металогенічної області (субпровінції) також поширене аналогічне зруденіння. Воно характерне для Західноприазовської, Центральноприазовської та переважно Оріхівсько-Павлоградської СМЗ. У межах останньої виокремлюється новий Вовчанський урановорудний район, представлений Дібровським TR-U-Th родовищем і низкою слабовивчених рудопроявів.

За результатами проведених досліджень зруденіння Дібровського родовища можна зарахувати до калій-уранової формації метасоматичного типу. Родовище належить до типових представників групи уранових родовищ у пегматоїдних гранітах і кварц-мікроклінових метасоматитах, відомих у межах як УЩ, так і багатьох інших щитів світу (Канадський, Індійський, Західнобразильський).

Процес рудоутворення був довготривалим і багатоетапним. На головному, палеопротерозойському етапі 1,9–2,2 млрд років тому сформувалася продуктивна TR-U-Th мінералізація як наслідок гідротермально-метасоматичних процесів під час проникнення завершальних фаз салтичанського комплексу, представлених апліт-пегматоїдними гранітами дібровського типу. Датування монациту й укралень уранініту в ньому, виконане за методикою CHIME, переконливо свідчить про палеопротерозойський вік монацит-уранінітової асоціації: 2085–2115 млн років. Найпізніше – 1,98 млн років тому – утворилися настурани і бранерит. Водночас можлива підпорядкована, другорядна роль у формуванні рідкісноземельної мінералізації мезоархейських двопольовошпатових гранітоїдів январського комплексу.

На етапі розроблення обгрунтованої геолого-генетичної моделі TR-U-Th зруденіння Дібровського родовища й загалом Вовчанського рудоносного району треба:

1. Виконати комплексні літолого-стратиграфічні дослідження метаморфічних порід регіону, передусім дібровської світи, а також апліт-пегматоїдних гранітів і рудоносних метасоматитів, які по них розвиваються. Уточнити схему розчленування стратифікованих утворень Приазовського мегаблока загалом.

2. Розчленувати двопольовошпатові гранітоїди Західного Приазов'я. Цьому має передувати геохронологічне датування поширених у межах району різних типів гранітоїдів (январських, краснокутських, дібровських, салтичанських, андріївських, кам'яномогильських).

3. Продовжити детальні мінералого-геохімічні дослідження рудної мінералізації, особливо із застосуванням сучасного прецизійного лабораторного обладнання.

Автори переконані, що наведені в статті дані сприятимуть формуванню вірогідніших уявлень про генезис не лише Дібровського родовища, а й інших рудопоявів радіоактивних металів і TR у Приазовській металогенічній області. Це надзвичайно важливо, адже різні генетичні типи зруденіння, наприклад, первинно-осадочний конгломератовий чи метасоматичний, пов'язаний з апліт-пегматойдними гранітами, потребують застосування принципово різних методичних підходів до прогнозних, пошуково-оцінювальних і розвідувальних робіт.

Промислове освоєння покладів Дібровського й подібних родовищ є цілком реалістичним за умов геологічного довивчення, комплексної оцінки та сприятливої економічної кон'юнктури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бакаржієв А. Х., Лисенко О. А. Історія створення сировинної бази урану України//Мінеральні ресурси України. – 2018. – № 1. – С. 4–14.
2. Бибикина Е. В., Лобач-Жученко С. Б., Артеменко Г. В., Клаесон С., Коваленко А. В., Крылов И. Н. Позднеархейские магматические комплексы Приазовского террейна Украинского щита: геологическое положение, изотопный возраст, источники вещества//Петрология. – 2008. – Т. 16. – № 3. – С. 227–247.
3. Возняк Д. К., Крамар О. О., Бельський В. М. Нові визначальні ознаки генезису уран-торій-рідкісноземельного зруденіння на Приазовському мегаблоці Українського щита//Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. – К.: ІГНС, 2012. – Вип. 20. – С. 125–129.
4. Войновський А. С., Бочай С. В. та ін. Комплексна металогенічна карта України. М-б 1:500 000. Пояснювальна записка. – Київ: УкрДГРІ, 2002. – 336 с.
5. Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. та ін. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т. 1. Металічні корисні копалини. – Київ–Львів: Вид-во “Центр Європи”, 2006. – 739 с.
6. Єсипчук К. Ю., Орса В. І., Шербakov І. Б. та др. Гранитоїди Українського щита. Петрохимія, геохимія, рудоносність. Справочник. – К.: Наукова думка, 1993. – 232 с.
7. Ісаков Л. В. Поля гранітних пегматитів Західного Приазов'я. – К.: УкрДГРІ, 2007. – 134 с.
8. Ісаков Л. В., Паранько І. С., Бобров О. Б., Шпильчак В. О. та ін. До питання виділення в межах Західноприазовського геоблока январського гранітного комплексу як складового елемента еволюції зеленокам'яних структур Західного Приазов'я//Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2012. – № 3. – С. 11–26.
9. Ісаков Л. В., Бобров О. Б., Паранько І. С., Сукач В. В., Шпильчак В. А., Кичурчак В. М., Кандаля Ю. С. О необходимости выделения январского гранитного комплекса в пределах Западноприазовского геоблока//Тезисы докладов Межд. научно-прак. конф. “Стратиграфия, геохронология и корреляция...” – Киев: УкрДГРІ, 2010. – С. 85–87.
10. Калайшник А. А., Кузьмин А. В. Геолого-структурные особенности Дибровского TR-U-Th рудопоявления Украинского щита//Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2012. – № 10. – С. 173–185.
11. Кичурчак В. М., Бойко А. З., Березин Б. З. О разрезе сачкинской свиты центральноприазовской серии в северном обрамлении Дибровской структуры (Западное Приазовье)//Геол. журн. – 1991. – № 4. – С. 01–107.
12. Колосовська В. А., Великанов В. Я. та ін. Комплект карт “Геологія і корисні копалини України” М-б 1:1 000 000. Пояснювальна записка у трьох частинах. – Київ: УкрДГРІ, 2003. – 359 с.
13. Крамар О. О., Кулібаба В. М. Дібровське родовище урану на Приазовському мегаблоці. Особливості будови, структурно-петрологічні умови локалізації та генезис//Зб. наук. праць ІГНС НАН України. – 2008. – Вип. 16. – С. 37–50.
14. Куліш Є. О., Комов І. Л., Яценко В. Г., Земсков Г. О., Крамар О. О., Покалюк В. В. Стратегічні мінеральні ресурси України для ядерної енергетики. – К.: Логос, 2010. – 296 с.

15. Лисенко О. А., Бакаржієв А. Х. Стан і перспективи сировинної бази урану України//Мінеральні ресурси України. – 2019. – №1. – С. 11–17.

16. Невский В. А. Геология постмагматических ториево-редкометаллических месторождений. – Москва: Атомиздат, 1972. – 407 с.

17. Перспективи розвитку уранової сировинної бази ядерної енергетики України//В. Г. Верховцев, Г. В. Лисиченко, Ю. Л. Забулов та ін. – К.: Наук. думка, 2014. – 356 с.

18. Петренко А. А., Шпильчак В. О., Некряч А. І. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Серія: Центральнотериторіальна. Аркуші: L-36-VI (Запоріжжя), L-37-I (Пологи). – К.: Держкомітет природних ресурсів України. – 2004. – 145 с.

19. Покалюк В. В., Верховцев В. Г., Михайличенко А. Н., Михальченко И. И. Дибровское уран-торий-редкоземельное рудопоявление Украинского щита (литолого-стратиграфические критерии генезиса и локализации рудных тел)//Геохимия техногенезу. – 2019. – Вип. 1. – С. 157–172.

20. Промышленные типы урановых месторождений и методика их поисков. – Л.: Недра, 1984. – 263 с.

21. Семка В. А., Пономаренко А. Н., Бондаренко С. Н. Новый генетический тип редкоземельно-уран-ториевого оруденения на Украинском щите//Тезисы докладов конференции “Особенности развития минерально-сырьевой базы урана Украины, его добыча и обогащение”. – Киев, 2009. – С. 76–78.

22. Семка В. А., Пономаренко А. Н., Бондаренко С. Н., Донской Н. А., Шумлянский Л. В., Мельникова Е. Е., Семка Л. В. Дибровское редкоземельно-уран-ториевое месторождение в Приазовском мегаблоке Украинского щита//Геохимия та рудоутворення. – 2010. – № 28. – С. 48–76.

23. Степанюк Л. М., Артеменко Г. В., Бородиня Б. В. Палеопротерозойский возраст порфировидных гранитов Январского массива Волчанского блока (Приазовский мегаблок Украинского щита)//Мінерал. журн. – 2019. – № 4. – С. 40–49.

24. Сьомка В. О., Пономаренко О. М., Бондаренко С. М., Сьомка Л. В. Новый архейский генетический тип рідкіснометалевих гранітів Приазовського мегаблока Українського щита//М-лы научной конференции “Гранитоиды: условия формирования и рудоносность”. – Киев: ИГМР НАН Украины, 2013. – С. 131–133.

25. Шпильчак В. О., Ісаков Л. В. Кореляція стратонів зеленокам'яних структур Західноприазовської мегаструктури у складі осипенківської серії//Мінеральні ресурси України. – 2017. – № 2. – С. 3–13.

26. Шербак Н. П., Артеменко Г. В., Лесная И. М., Пономаренко А. Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. – К.: Наукова думка, 2005. – 243 с.

27. Fairclough M. C., Irvine J. A., Katona L. F. and Slimmon W. L. World distribution of uranium deposits. Second edition: International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. – 2018.

28. Suzuki K., Kato T. CHIME dating of monazite, xenotime, zircon and polycrase: Protocol, pitfalls and chemical criterion of possibly discordant age data//Gondwana Research. – 14. 2008. – P. 569–586.

REFERENCES

1. Bakarzhiev A. Kh., Lysenko O. A. History of uranium raw materials base creation in Ukraine//Mineralni resursy Ukrainy. – 2018. – № 1. – P. 4–14. (In Ukrainian).
2. Bibikova Je. V., Lobach-Zhuchenko S. B., Artemenko G. V., Clajesson S., Kovalenko A. V., Krylov I. N. Late Archean magmatic complexes of Priazovian terrain, Ukrainian Shield: geological setting, isotopic age and sources of material//Петрологія. – 2008. – Vol. 16. – № 3. – P. 227–247. (In Russian).
3. Vozniak D. K., Kramar O. O., Bielskyi V. M. New features of the U-Th-REE genesis of Dibrovsk deposit in the Pre-Azov megablock//Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnoho seredovyscha. – Kyiv: IHNS, 2012. – Iss. 20. – P. 125–129. (In Ukrainian).
4. Voinovskiy A. S., Bochai S. V. et al. Composite metallogenic map of Ukraine. Scale 1:500 000. Explanatory note. – Kyiv: UkrDHRI, 2002. – 336 p. (In Ukrainian).
5. Mineral deposits of Ukraine. Vol. 1. Metalliferous mineral deposits. Editors in chief M. P. Shcherbak, O. B. Bobrov. – Kyiv–Lviv: “Tsentr Yevropy”, 2006. – 785 p. (In Ukrainian).
6. Jesipchuk K. Ju., Orsa V. I., Shherbakov I. B. et al. Granitoids of the Ukrainian Shield. Petrochemistry, geochemistry, ore mineralization. Handbook. – Kyiv: Naukova dumka, 1993. – 232 p. (In Russian).
7. Isakov L. V. Fields of granite pegmatites of the Western Azov. – Kyiv: UkrDHRI, 2007. – 134 p. (In Ukrainian).
8. Isakov L. V., Paranko I. S., Bobrov O. B., Shpylchak V. O. et al. On the issue of distinguishing Yanvarskiy granite complex within Western Pryazovia geoblock as a constituent element of evolution of greenstone

structures of Western Pryazovia//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2012. – № 3. – P. 11–26. (In Ukrainian).

9. Isakov L. V., Bobrov A. B., Paranko I. S., Sukach V. V., Shpylchak V. A., Kichurchak V. M., Kandala Ju. S. About necessity of identification Yanvarske granite complex in Western Azov geoblock. Abstracts of International Conference “Stratigraphy, geochronology and correlation of the Lower Precambrian rock foundation complexes of the East European Platform”. – Kiev: UkrDHRI, 2010. – P. 85–87. (In Russian).

10. Kalashnik A. A., Kuzmin A. V. Geologicval and structural features of TR-U-Th Dibrovskoe occurrence of the Ukrainian Shield//Naukovi pratsi UkrNDMI NAN Ukrainy. – 2012. – № 10. – P. 173–185. (In Russian).

11. Kichurchak V. M., Bojko A. Z., Berzenin B. Z. About the section of Sachkinska suite of Central-Azov series in the Northern margin of Dibrova structure (Western Azov region)//Geol. zhurnal. – 1991. – № 4. – P. 101–107. (In Russian).

12. Kolosovska V. A., Velikanov V. Ya. et al. Map book “Geology and minerals of Ukraine”. Scale 1:1 000 000. Explanatory note in 3 parts. – Kyiv: UkrDHRI, 2003. – 359 p. (In Ukrainian).

13. Kramar O. O., Kulibaba V. M. Dibrova Uranium deposit in Azov megablock. Structure, petrology, localization and genesis//Zbirnyk naukovykh prats IHNS NAN Ukrainy. – 2008. – Iss. 16. – P. 37–50. (In Ukrainian).

14. Kulish Ye. O., Komov I. L., Yatsenko V. H., Zemskov H. O., Kramar O. O., Pokaliuk V. V. Strategic mineral resources of Ukraine for nuclear power industry. – Kyiv: Lohos, 2010. – 296 p. (In Ukrainian).

15. Lysenko O. A., Bakarzhiiiev A. Kh. State and perspectives mineral and raw materials base of uranium ore of Ukraine//Mineralni resursy Ukrainy. – 2019. – №1. – P. 11–17. (In Ukrainian).

16. Nevskij V. A. Geology of postmagmatic thorium-rare-metal deposits. – Moskva: Atomizdat, 1972. – 407 p. (In Russian).

17. Verkhovtsev V. H., Lysychenko H. V., Zabulonov Yu. L. et al. Prospects for the development of Uranium resource base of nuclear power of Ukraine. – Kyiv: Naukova dumka, 2014. – 356 p. (In Ukrainian).

18. Petrenko A. A., Shpylchak V. O., Nekryach A. I. State geological map of Ukraine. Scale 1:200 000. Central-Ukrainian series. Sheets: L-36-VI (Zaporizhzhia), L-37-I (Polohy). Explanatory note. State Committee of Natural Resources of Ukraine. – Kyiv, 2004. – 145 p. (In Ukrainian).

19. Pokaljuk V. V., Verhovtsev V. G., Mihajlichenko A. N., Mihalchenko I. I. Dibrovskoe uranium-torium-rare-earth ore occurrence of the Ukrainian Shield (litho-stratigraphic criteria of the genesis and localization of ore bodies)//Heokhimiia tekhnogenezu. – 2019. – Iss. 1. – P. 157–172. (In Russian).

20. Production types of Uranium deposits and technique of prospecting. – Leningrad: Nedra, 1984. – 263 p. (In Russian).

21. Somka V. A., Ponomarenko A. N., Bondarenko S. N. New genetic type of rare-earth-uranium-thorium ore mineralization in the Ukrainian Shield//Tezisy dokladov konferencii “Osobennosti razvitiia mineralno-syroyej bazy urana v Ukraine, ego dobycha i obogashhenie”. – Kiev, 2009. – P. 76–78. (In Russian).

22. Somka V. A., Ponomarenko A. N., Bondarenko S. N., Donskoj N. A., Shumljanskij L. V., Melnikova E. E., Somka L. V. Dybrovskoe rare-earth-uranium-thorium deposit in Pryazovian megablock of the Ukrainian Shield//Heokhimiia ta rudoutvorennia. – 2010. – № 28. – P. 48–76. (In Russian).

23. Stepanjuk L. M., Artemenko G. V., Borodynja B. V. Paleoproterozoic age of porphyry granites of the Janvar massif of the Volchanskij block (Azov megablock)//Mineral. zhurnal. – 2019. – № 4. – P. 40–49. (In Russian).

24. Somka V. O., Ponomarenko O. M., Bondarenko S. M., Somka L. V. New Archean genetic type of rare-metal granites of the Azov megablock of the Ukrainian Shield//Materialy nauchnoj konferencii “Granitoidy: uslovija formirovaniia i rudonosnost”. – Kiev: IGMR NAN Ukrainy, 2013. – P. 131–133. (In Ukrainian).

25. Shpylchak V. O., Isakov L. V. Correlation of stratigraphic units of greenstone structures in Western Pryazovian megastructure within the Osypenkivska series//Mineralni resursy Ukrainy. – 2017. – № 2. – P. 3–13. (In Ukrainian).

26. Shherbak N. P., Artemenko G. V., Lesnaja I. M., Ponomarenko A. N. Geochronology of Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Archean. – Kiev: Naukova dumka, 2005. – 243 p. (In Russian).

27. Fairclough M. C., Irvine J. A., Katona L. F. and Slimmon W. L. World distribution of uranium deposits. Second edition: International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. – 2018.

28. Suzuki K., Kato T. CHIME dating of monazite, xenotime, zircon and polycrase: Protocol, pitfalls and chemical criterion of possibly discordant age data. Gondwana Research. – 14. 2008. – P. 569–586.

Рукопис отримано 27.12.2020.



УКРПОШТА
ГОЛОВНА ПОШТА КРАЇНИ

КАТАЛОГ ВИДАНЬ УКРАЇНИ

ПРЕСА ПОШТОЮ

Шановні читачі!
Державне підприємство з розповсюдження періодичних видань «Преса» повідомляє, що триває передплата на періодичні видання України на 2021 рік.

Передплату можна оформити за Каталогом видань України «Преса поштою»:

- на сайті ДП «Преса» www.presa.ua;
- на сайті АТ «Укрпошта» www.ukrposhta.ua;
- у відділеннях поштового зв'язку;
- в операційних залах поштамтів;
- у пунктах приймання передплати.

Журнал
МІНЕРАЛЬНІ
РЕСУРСИ УКРАЇНИ
www.presa.ua



ШАНОВНІ НАУКОВЦІ З ГЕОЛОГІЧНОГО НАПРЯМУ!

Запрошуємо вас до співпраці!

Пропонуємо сторінки нашого видання для висвітлення ваших наукових досліджень.

Цього року журнал укотре підтвердив свій **високий науковий рівень**, пройшовши перереєстрацію наукових фахових видань України на підставі рішення атестаційної комісії МОН.

Йому надано категорію «Б» з геологічної (17.03.2020 р.) і технічної (17.03.2020 р.) галузей науки за спеціальностями:

103 – науки про землю,
184 – гірництво,
185 – нафтогазова інженерія та технології.

Редколегія журналу
«Мінеральні ресурси України»



УДК 551.49

 <https://doi.org/10.31996/mru.2021.1.32-38>

І. В. САНИНА, завідувач відділу гідрогеологічних, інженерно-геологічних та еколого-геологічних досліджень (Український геологорузвідувальний інститут УГК), ekogeol@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6592-9625>,

Н. Г. ЛЮТА, канд. геол.-мінерал. наук, асистент кафедри гідрогеології та інженерної геології ННІ "Інститут геології" КНУ імені Тараса Шевченка, nlyuta@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-4070-0944>

І. SANINA, Head of the Department of Hydrogeological, Engineering-geological and Environmental Geological Research (Ukrainian Geological Research Institute of the UGC), ekogeol@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6592-9625>,

N. LYUTA, PhD (Geol. & Mineral.), Assistant of Department of Hydrogeology and Engineering Geology, Institute of Geology Taras Shevchenko National University of Kyiv, nlyuta@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-4070-0944>

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТРАНСКОРДОННИХ МАСИВІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД (УКРАЇНА – БІЛОРУСЬ, БАСЕЙН ДНІПРА)

IDENTIFICATION OF TRANSBOUNDARY GROUNDWATER BODIES (UKRAINE – BELARUS, DNIPRO RIVER BASIN)

Нещодавнє дослідження "Ідентифікація та розмежування підземних водних об'єктів у басейні річки Дніпро в Україні" під егідою проєкту ЄС "Водна ініціатива Європейського Союзу плюс для країн Східного партнерства (EUWI+)" виявило вісім масивів підземних вод (МПВ) у басейні річки Дніпро в Україні. Вони транскордонні й пов'язані із шістьма відповідними МПВ у басейнах Прип'яті та Дніпра Республіки Білорусі. Деякі із цих МПВ дуже великі, тому наступне дослідження було зосереджено на виявленні частин МПВ з транскордонною взаємодією в їхніх межах. Аналіз впливу робочих водозаборів засвідчив, що транскордонну зону доцільно обмежувати 50-кілометровою смугою вздовж кордону з обох боків. З'ясовано, що умови формування підземних водних ресурсів у транскордонній українсько-білоруській зоні в басейні Дніпра дуже сприятливі. По-перше, транскордонна територія розміщується в зоні надмірного зволоження, тож як напірні, так і безнапірні МПВ мають інфільтраційне живлення. По-друге, українська частина території, де відбувається живлення напірних МПВ, має мінімальне антропогенне навантаження. Як наслідок – кількісний і якісний стан МПВ у транскордонній зоні переважно добрий. Водночас є спільні проблеми, що потребують відновлення моніторингу підземних вод та узгодження його процедури з білоруською стороною.

Ключові слова: транскордонні підземні водні об'єкти, моніторинг, басейн річки Дніпро.

A recent study "Identification and delineation of groundwater bodies in the Dnipro River Basin in Ukraine EUWI+"; identified eight groundwater bodies (GWBs) in the Dnipro River Basin of Ukraine which are transboundary linked with six corresponding GWBs in the Pripjat and Dnieper River Basins of the Republic of Belarus. Some of these GWBs are considerably large, so the next research has focused on identifying those sub-parts of the GWBs which are subject to transboundary groundwater interaction. Analysis of existing water intakes impact showed that it is advisable to limit the transboundary zone to a 50-kilometers strip along the border on both sides. Since the operation of water intakes within this zone occurs in a stationary filtration mode and the formation of groundwater reserves is provided due by dynamic resources formed as a result of infiltration of atmospheric precipitation, then to determine the radius of the influence of the operation of groundwater intakes, we used the value of river drainage module of 90 % availability. At such values of the modulus of river flow formation, it occurs due to the underground flow. The forecast of transboundary impact, taking into account the maximum possible productivity at the existing water intakes with approved operational reserves, indicates that the radius of influence for the Eocene aquifer is only 3.54–9.38 km, for the Upper Cretaceous – 2.7–5.3 km, for the Albion-Cenomanian – 2.8–6.7 km, for the Precambrian – 1.7–2.3 km. The distance from the existing water intakes to the state border of Ukraine with Belarus is 12–50, 7–50, 20–50, 30–35 kilometers, respectively.

It was established that conditions for groundwater resources formation in the transboundary Ukraine-Belarusian zone in the Dnipro basin are very favorable. First, the transboundary territory is located in a zone of excessive moisture. Recharge of the uppermost unconfined GWBs is due to the infiltration of precipitation over the entire area of their distribution. Confined aquifers also have infiltration supply, which are located in places of shallow occurrence of water-bearing rocks. Second, the Ukrainian part of the territory, where the confined aquifers are recharged, is marked by a slight anthropogenic pressure – there is a very low population density and there are no large industrial enterprises. Therefore, impacts from the Ukrainian side on the GWBs in Belarus are limited. So, both the quantitative and the qualitative status of the GWBs in the transboundary area are predominantly good. At the same time, there are common problems to be solved which require groundwater monitoring restoration and its coordination with the Belarusian side.

Keywords: transboundary groundwater bodies, monitoring, Dnipro river basin.

Вступ

Вода є найважливішим компонентом природного середовища, без якого неможливе життя на Землі. Водні ресурси, з огляду на тенденції до зростання навантаження на них і стали кліматичні зміни, потребують особливої уваги.

Підземні води нині набувають значення екологічно чистого та надійно захищеного джерела забезпечення населення питною водою. Україна має великі ресурси питних підземних вод, пов'язані з відкладами архею, протерозою, палеозою, мезозою та кайнозою, які за даними регіональної

оцінки становлять 61 689,2 тис. м³/д і розробляються на 1 469 ділянках 702 родовищ [4]. Частина із цих водоносних систем є транскордонними. Вони зазвичай об'єднують безліч споживачів з двох або навіть більше сторін, які експлуатують спільні водоносні горизонти. Тому вивчення транскордонних ресурсів підземних вод, забезпечення їхньої стійкості й раціонального керування та використання набуває особливого значення. Відповідно до Водної рамкової директиви й Конвенції з охорони та використання транскордонних водотоків і міжнародних озер (Гельсінкі, 1992), охорона та використання транскордонних водоносних горизонтів є важливими й невідкладними завданнями, ефективне вирішення яких може

бути забезпечене тільки завдяки тісній міжнародній співпраці. Зокрема, це стосується прикордонної території між Україною й Білоруссю.

Методи досліджень

У межах проєкту “Водна ініціатива Європейського Союзу плюс для країн Східного партнерства (EUWI +)” на території України були визначені масиви підземних вод у басейні річки Дніпра [2]. Робота з ідентифікації транскордонних частин МПВ охоплювала збір, узагальнення та аналіз докладної інформації щодо гідрогеологічних умов транскордонної 50-кілометрової зони в межах басейну Дніпра, векторизацію картографічних матеріалів, створення та поповнення картографічної бази даних у ГІС, а також визначення радіусів впливу робочих водозаборів у прикордонній зоні. У процесі досліджень було використано державні гідрогеологічні карти України масштабу 1:200 000, матеріали Державних балансів корисних копалин України (Води питні і технічні); дані ДП “Українська геологічна компанія” про пункти спостереження Державної мережі моніторингу підземних вод, а також фондові джерела.

Результати досліджень

Вісім із загальної кількості МПВ, ідентифікованих в Україні, – транскордонні й пов’язані з відповідними МПВ у басейнах річок Прип’ять і Дніпро Республіки Білорусі. Оскільки деякі масиви підземних вод дуже великі, то надалі було визначено ті частини масивів підземних вод в Україні, які мають транскордонний характер і взаємодіють між собою. За домовленістю сторін транскордонною визнано зону, що простягається на відстань 50 км від державного кордону між Україною й Білоруссю. Дослідження тривали в тісній співпраці з експертами з питань підземних вод у Республіці Білорусі, відповідальними за розмежування підземних водних об’єктів. Подібна робота, проведена паралельно в Білорусі, дала змогу виявити шість транскордонних підземних водних масивів у Прип’ятському й Дніпровському басейнах у межах 50-кілометрової зони вздовж кордону між Україною й Білоруссю. Зіставлення масивів підземних вод, виокремлених в Україні й Білорусі, наведено в таблиці.

В Україні ідентифіковані в межах транскордонної 50-кілометрової зони МПВ розміщуються в трьох гідрогеологічних структурах першого порядку: Гідрогеологічній області Українського щита, Волино-Подільському та Дніпровсько-

Донецькому артезіанських басейнах. Ця територія належить до зони надмірного зволоження й відповідно сприятливих умов для інфільтраційного живлення підземних вод. Формування запасів підземних вод забезпечується завдяки динамічним ресурсам, що утворюються в результаті інфільтрації атмосферних опадів. Загальний регіональний напрямок руху підземних вод спрямований від великої позитивної структури – Українського щита – на північ, захід і схід до артезіанських басейнів.

Результати просторового зіставлення транскордонних безнапірних масивів підземних вод у болотних, алювіальних, озерно-алювіальних, водно-льодовикових четвертинних відкладах, а також у палеогенових, крейдових і докембрійських відкладах наведено на рис. 1а–1е.

Як видно зі зведеної інформації, геологічні межі поширення цих підземних водних об’єктів, досліджуваних на суміжних територіях, близькі одна до одної, що дасть змогу вибрати транскордонні коридори, визначити вплив і обґрунтувати розміщення спостережної мережі моніторингу.

У транскордонній 50-кілометровій зоні безнапірні водоносні горизонти майже незахищені від забруднення, оскільки породи зони аерації характеризуються незначною потужністю (від кількох до 20–30 м) і переважно піщаним складом. Це пояснює, чому в межах населених пунктів ґрунтові води часто містять нітрати.

Напірні водоносні горизонти здебільшого надійно захищені від забруднення, оскільки в їхній покрівлі залягають водотривкі відклади завтовшки більш як 10 м. Зазвичай напірні підземні води захищені також і за гідродинамічними показниками. Ризики можуть виникати лише в зоні формування депресійних лійок, коли з’являються передумови для перетікання у водоносний горизонт води з інших водоносних горизонтів з підвищеною мінералізацією або підвищеним умістом забруднювальних речовин.

Для дослідження транскордонного впливу на експлуатацію підземних водоносних горизонтів у транскордонній зоні автори розраховували радіус впливу наявних водозаборів підземних вод.

Оскільки експлуатація водозаборів у межах цієї зони відбувається в стаціонарному режимі фільтрації, а формування запасів підземних вод забезпечується завдяки динамічним ресурсам, утворюваним унаслідок інфільтрації атмосферних

Таблиця. Транскордонні МПВ і групи МПВ у Білорусі та Україні

Білорусь		Україна	
Код і геологічний індекс МПВ	МПВ	Код і геологічний індекс МПВ	МПВ
BYPRGW0001 bIV	водоносний голоценовий болотний горизонт	UAM5.1GW0001 bP	група МПВ у болотних відкладах
BYPRGW0002 aIV, aIIprz, laIIprz	водоносний голоценовий алювіальний, поозерний алювіальний, поозерний озерно-алювіальний горизонт(и)	UAM5.1GW0002 aP	група МПВ в алювіальних четвертинних відкладах
BYPRGW0005 fIIId ^s	водоносний дніпровський надморенний флювіогляціальний горизонт	UAM5.1GW0003 fIIId ^s	група МПВ у водно-льодовикових четвертинних відкладах
BYPRGW0006 f,lgIbr-IIId + (P+N)	водоносний березинсько-дніпровський водно-льодовиковий і палеогеновий та неогеновий комплекси	UAM5.1GW0013 і UAM5.1GW0012 P і P ₂	група МПВ у теригенних відкладах палеогену і група МПВ у теригенних відкладах еоцену
BYPRGW0007 K	водоносний крейдовий карбонатно-теригенний горизонт	UAM5.1GW0014 і UAM5.1GW0019 K ₂ і K ₁₋₂	МПВ у карбонатних відкладах верхньої крейди і група МПВ у теригенних відкладах альб-сеноману
BYPRGW0009 V+R ₂ pn	водоносний пінський і вендський теригенний комплекси	UAM5.1GW0025 PЄ	МПВ в ефузивно-теригенних породах докембрію

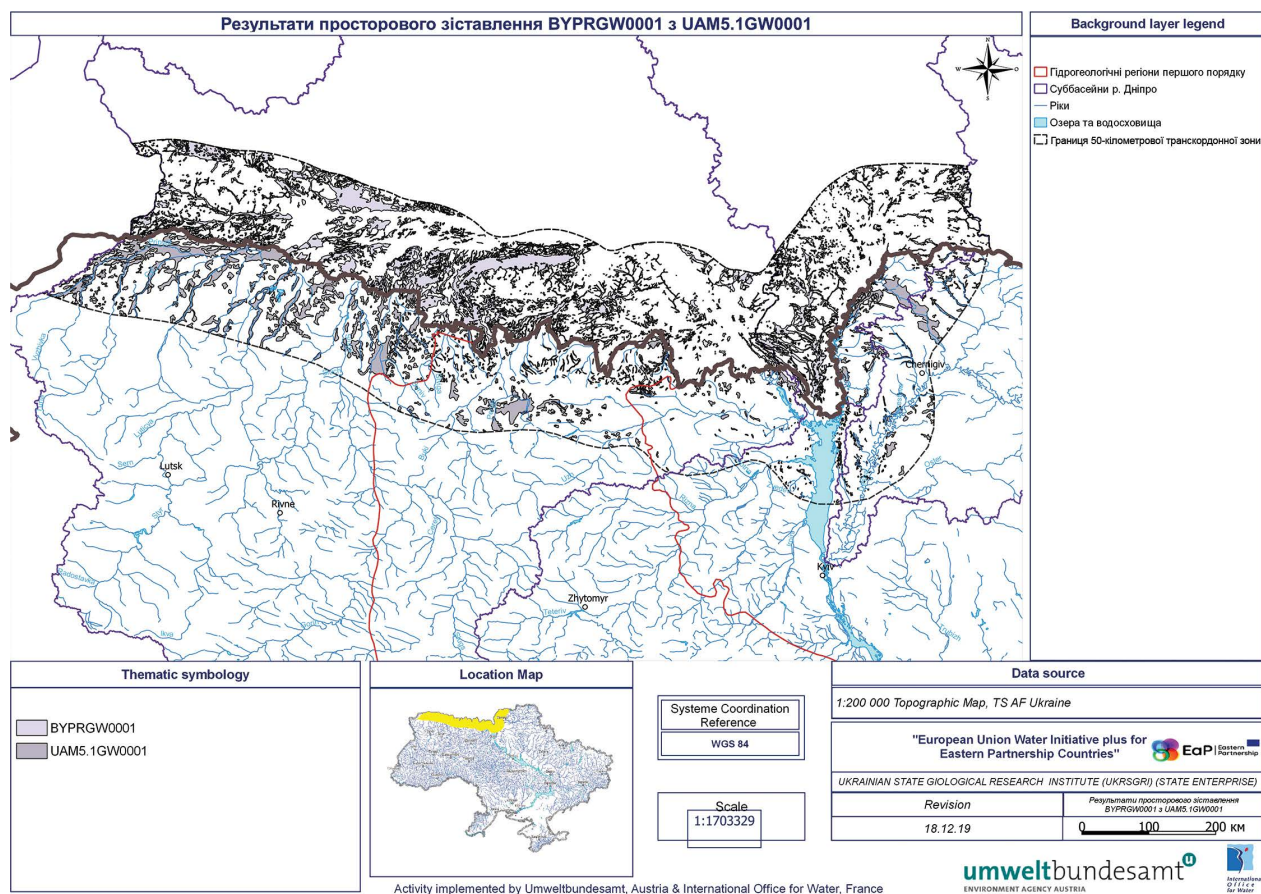


Рис. 1а. Результати просторового зіставлення транскордонних безнапірних масивів підземних вод у болотних четвертинних відкладах

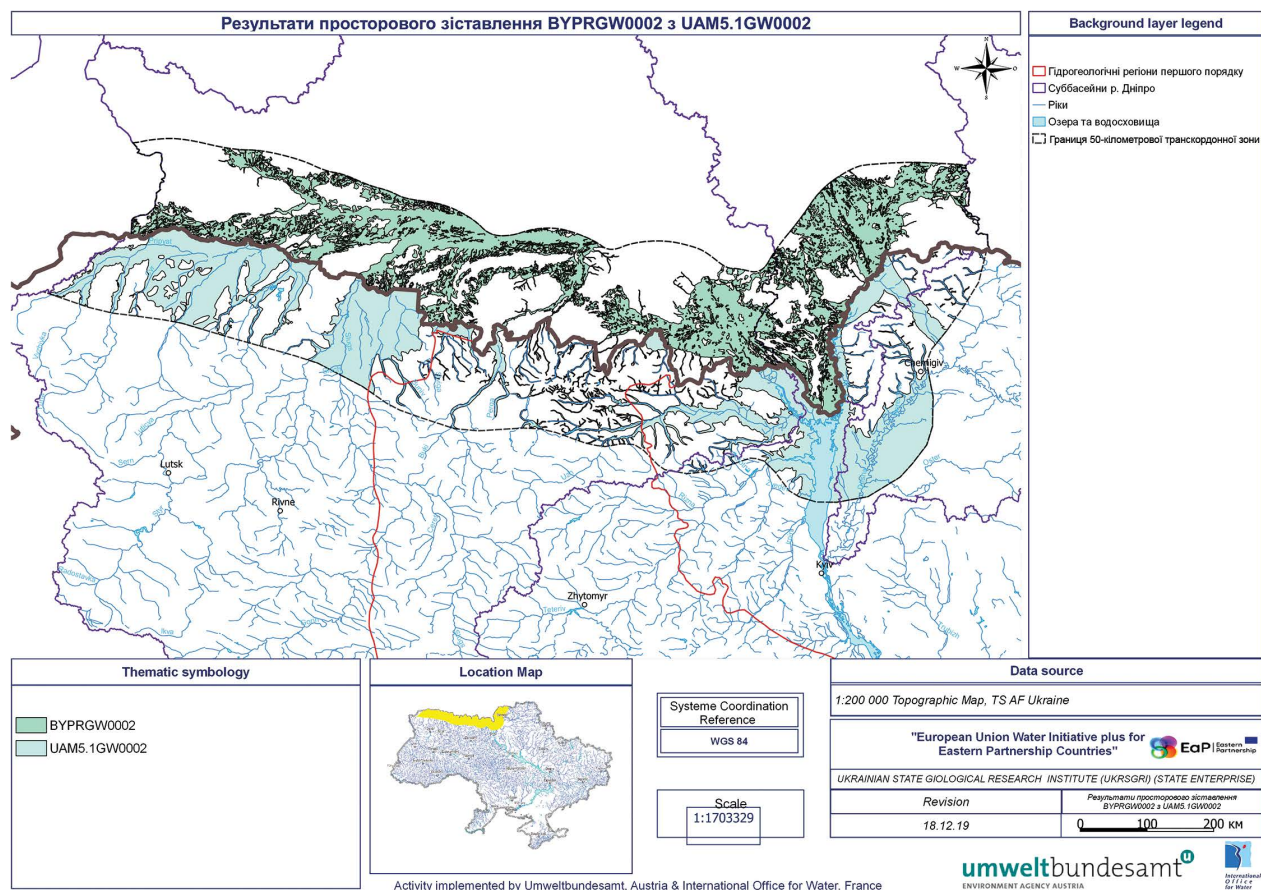


Рис. 1б. Результати просторового зіставлення транскордонних безнапірних масивів підземних вод в алювіальних, озерно-алювіальних четвертинних відкладах

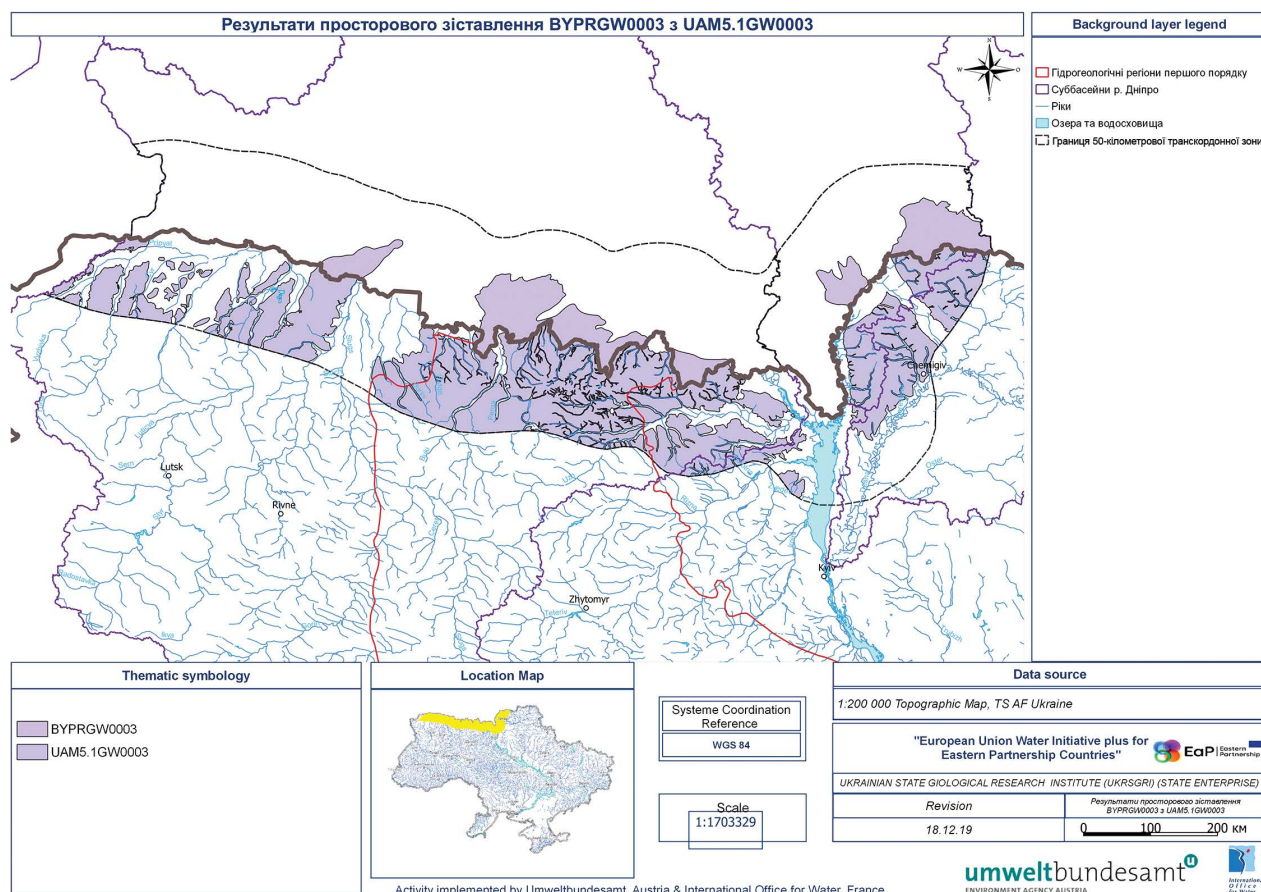


Рис. 1в. Результати просторового зіставлення транскордонних безнапірних масивів підземних вод у водно-льодовикових четвертинних відкладах

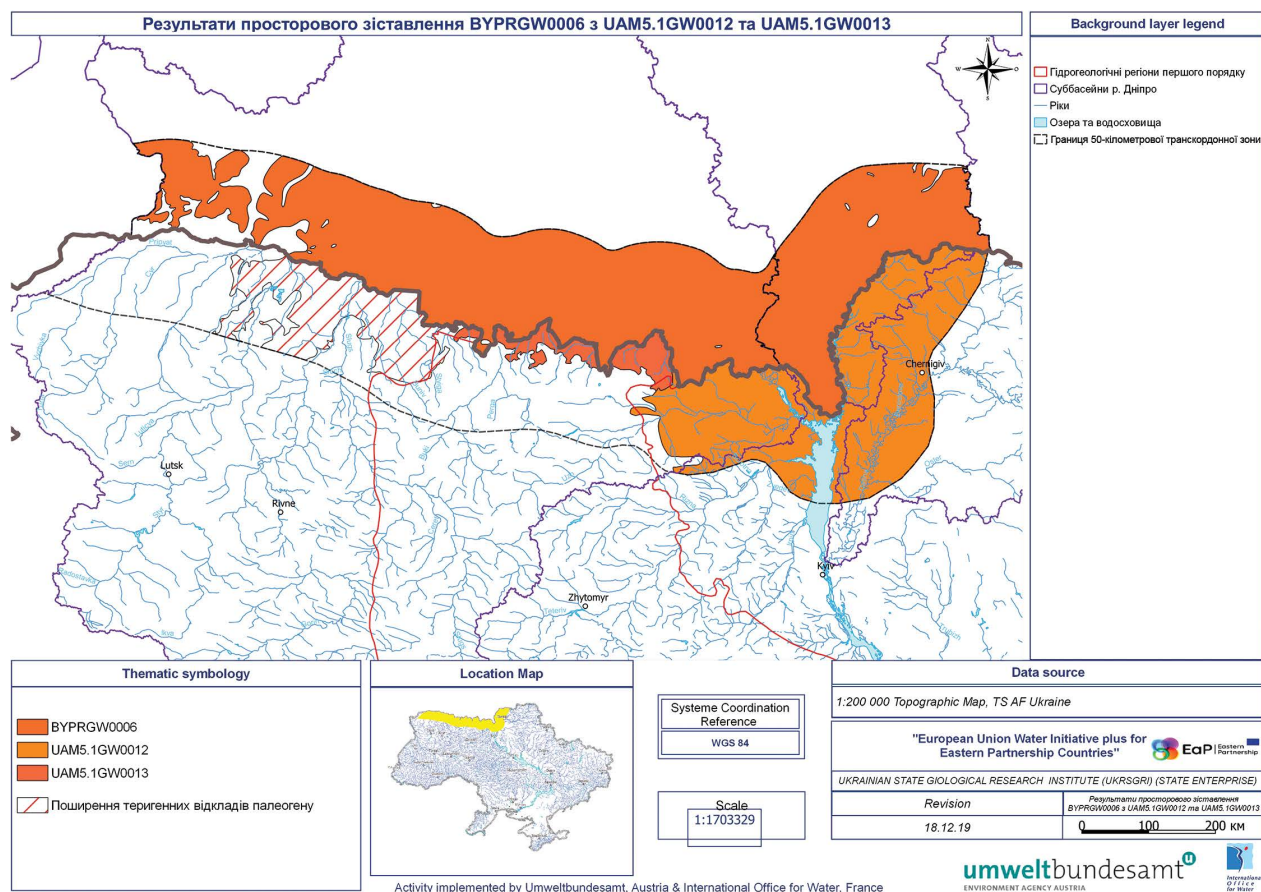


Рис. 1г. Результати просторового зіставлення транскордонних масивів підземних вод у напірних палеогенових відкладах

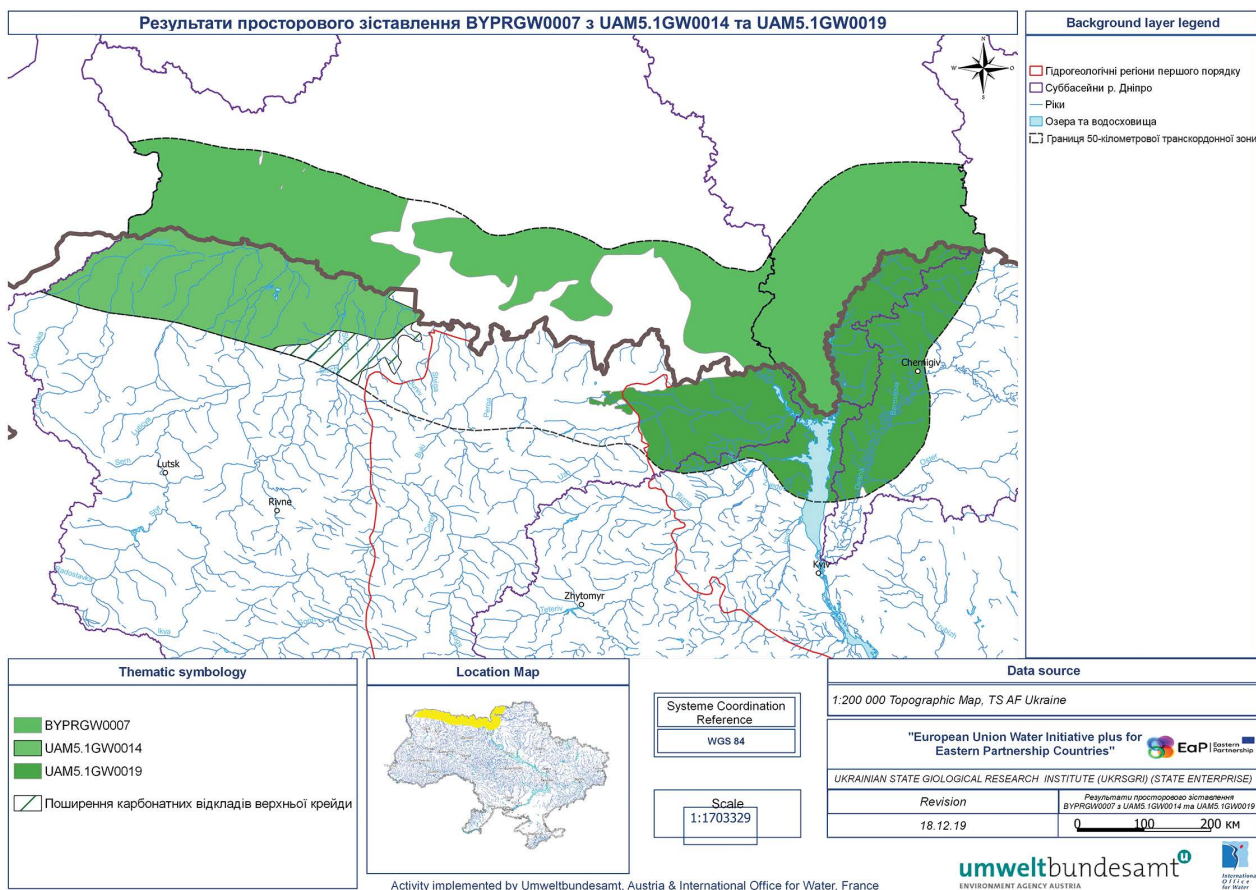


Рис. 1д. Результати просторового зіставлення транскордонних масивів підземних вод у напірних крейдових і докембрійських відкладах

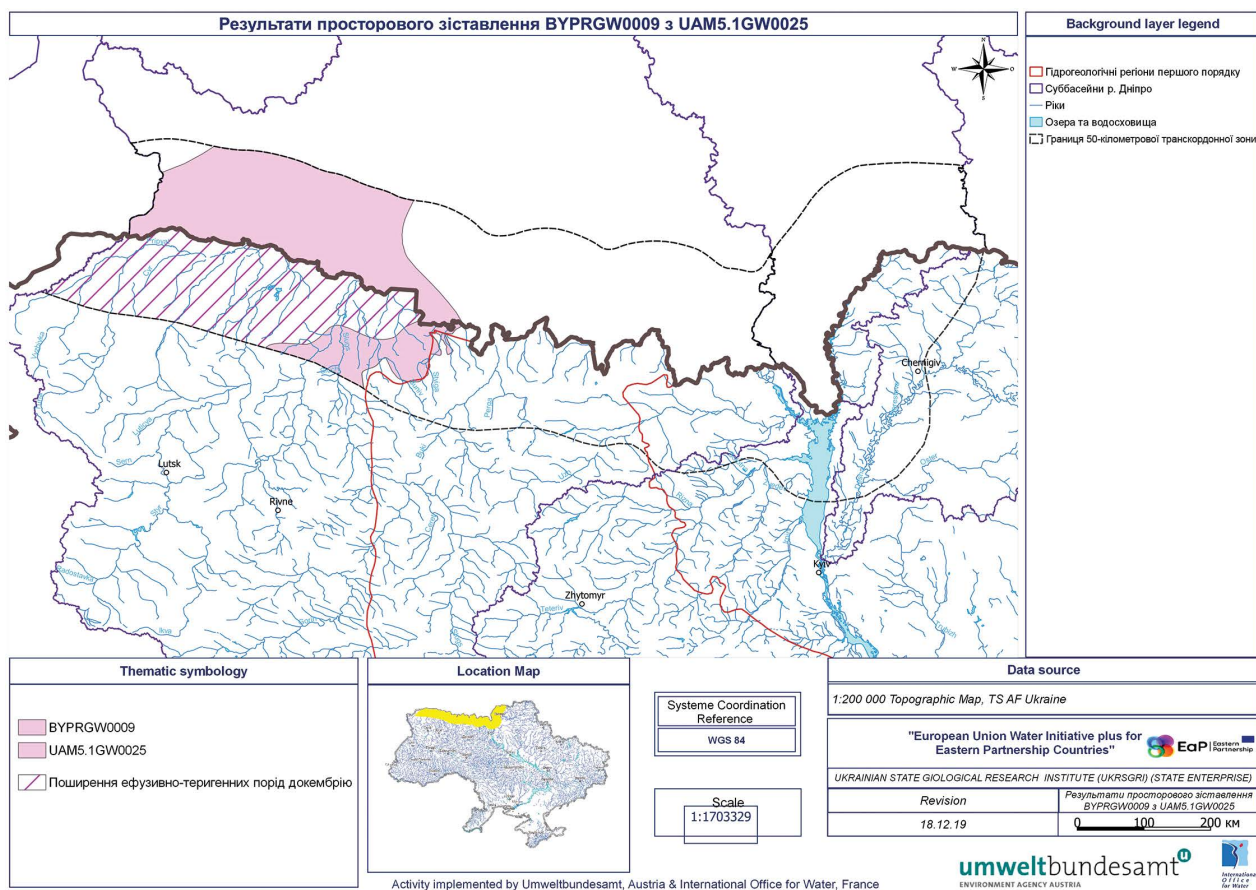


Рис. 1е. Результати просторового зіставлення транскордонних масивів підземних вод у напірних докембрійських відкладах

опадів, то для визначення радіуса впливу експлуатації водозаборів підземних вод ми використали значення модульного живлення середньорічного річкового стоку 90 % рівня забезпеченості [3]. За таких значень модуля формування річкового стоку відбувається внаслідок підземного стоку. У межах транскордонної території значення середньорічного річкового стоку 90 % рівня забезпеченості становлять 1,51–2,0; 2,01–3,0; 3,01–4,0 $\text{дм}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ (рис. 2).

Площу можливої депресійної лійки, яка формується під час роботи водозабірних споруд, визначено за формулою

$$S = \frac{Q}{M}, \quad (1)$$

де S – площа депресійної лійки, утворена внаслідок роботи водозабору, км^2 ; Q – запаси (для родовищ) або видобуток (для водозаборів із незатвердженими запасами) підземних вод, $\text{дм}^3/\text{с}$; M – модуль річкового стоку 90 % забезпеченості, $\text{дм}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$.

Показник площі депресійної лійки допоміг розрахувати радіус впливу робочого водозабору за формулою

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \quad (2)$$

де R – радіус впливу, км .

Режим груп МПВ, пов'язаних з безнапірними четвертинними горизонтами, майже природний. Підземні води живляться завдяки інфільтрації по всій площі масиву. Їх ви-

користовують у сільській місцевості для господарсько-побутових потреб, де водовідбір здійснюється розосередженими водозаборами невеликої продуктивності й не має транскордонного впливу на кількісні і якісні показники підземних вод.

Визначені як транскордонні МПВ, напірні водоносні горизонти й комплекси у палеогенових, крейдових і докембрійських відкладах надійно захищені водотривами, що залягають у їхній покрівлі, і містять води доброї якості. Вони також живляться переважно завдяки інфільтрації атмосферних опадів.

Серед МПВ у палеогенових відкладах найпоширенішим є водоносний горизонт у теригенних еоценових відкладах, який на території України в прикордонній з Білоруссю 50-кілометровій зоні є головним та активно експлуатується для централізованого водоспоживання в Дніпровсько-Донецькому артезіанському басейні.

До МПВ у крейдових відкладах належать два масиви: у карбонатних відкладах верхньої крейди та теригенних відкладах альб-сеноману. Перший з них виокремлюється в західній частині транскордонної 50-кілометрової зони в межах Волино-Подільського артезіанського басейну. Водовмісні відклади представлені тріщинуватими мергельно-крейдяними породами туронського – маастрихського ярусів. Група МПВ у теригенних відкладах альб-сеноману поширена на сході транскордонної 50-кілометрової зони в межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Оскільки витрима-

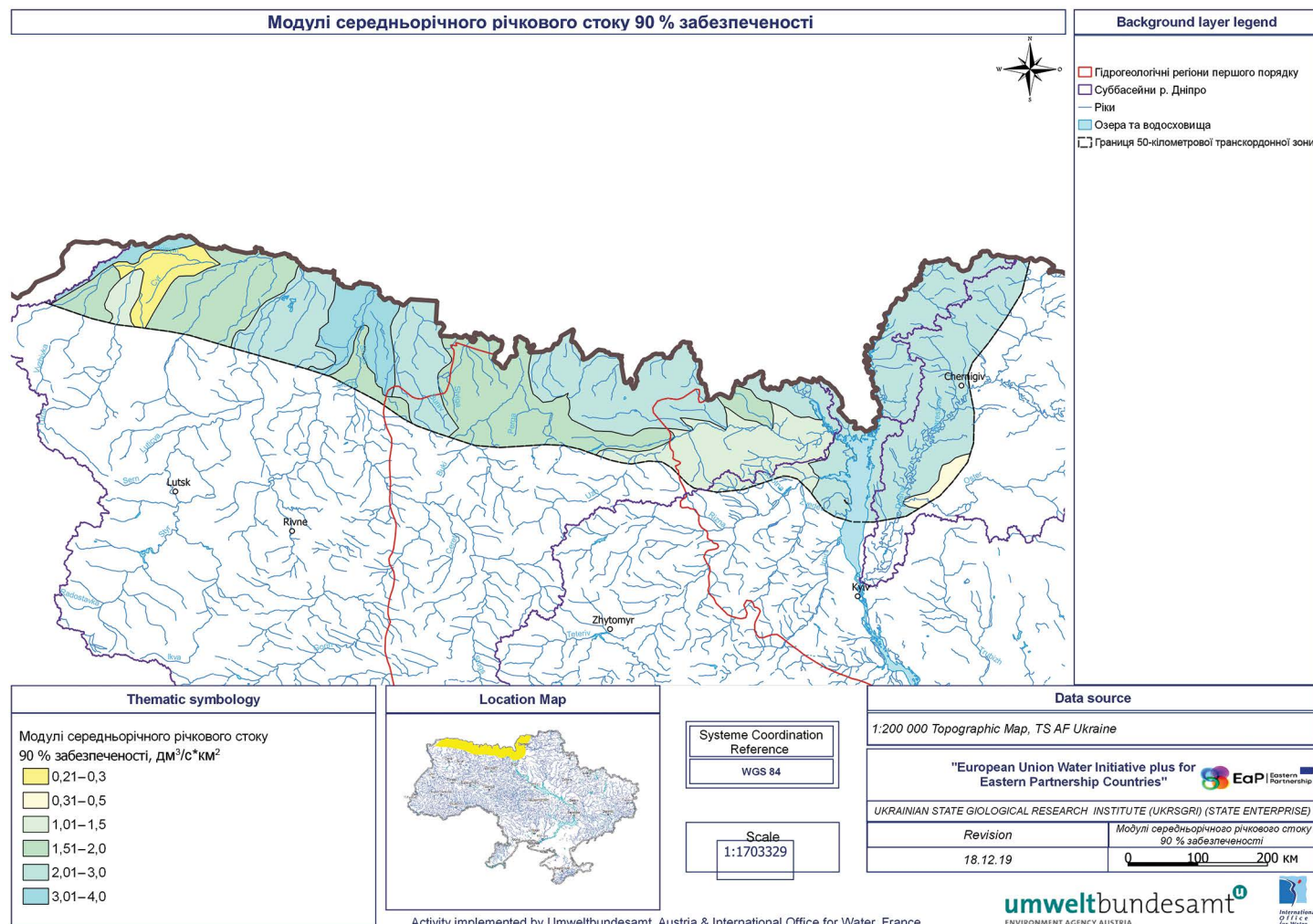


Рис. 2. Карта модулів середньорічного річкового стоку 90 % забезпеченості

ного водотриву між альбськими й сеноманськими відкладами немає, у їхній товщі виокремлюється єдиний водоносний комплекс.

МПВ в ефузивно-теригенних породах докембрію пов'язаний з утвореннями волинської серії нижнього венду та поліської серії середнього – верхнього рифею. Хоча докембрійські відклади в межах української транскордонної 50-кілометрової зони поширені суцільною смугою від схилів Українського щита (УЩ) на сході до межі басейну Дніпра на заході, для господарсько-питних потреб водоносний горизонт у докембрійських породах використовується лише в межах західного схилу УЩ на площах неглибокого залягання відкладів. У цій смузі завширшки 9–50 км на межі з УЩ він виокремлюється як МПВ в ефузивно-теригенних породах докембрію.

Що стосується якості підземних вод, то вона переважно добра, хоча є низка компонентів з природним підвищенням умістом у підземних водах заліза, марганцю тощо. Крім того, актуальним питанням для обох сторін є забруднення довкілля внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, що потребує відповідного коригування переліку контрольованих показників якості підземних вод у процесі моніторингу.

Висновки і рекомендації

Прогнозування впливу експлуатації водозаборів підземних вод з огляду на їхню максимально можливу продуктивність із затвердженими експлуатаційними запасами свідчить, що радіус такого впливу становить для еоценового горизонту лише 3,54–9,38 км, для верхньокрейдного – 2,7–5,3 км, для альб-сеноманського – 2,8–6,7 км, для докембрійського – 1,7–2,3 км. Водночас відстань до державного кордону між Україною й Білоруссю від цих горизонтів відповідно становить 12–50, 7–50, 20–50 і 30–35 кілометрів. Вплив від розосереджених невеликих користувачів, які розробляють підземні води відкладів транскордонних МПВ, незначний і його не варто брати до уваги.

Отже, проаналізовані дані підтверджують, що транскордонного впливу на кількісні показники підземних вод у МПВ еоценових відкладів з боку України на Білорусь немає.

Щодо якісних показників, то впродовж 30–50-річної експлуатації водозаборів на цій території хімічний склад підземних вод був стабільним, а з огляду на сучасні тенденції до зменшення видобутку підземних вод в Україні, причин для його погіршення немає.

Загалом треба зауважити, що проведення дослідження є лише першим етапом з відновлення моніторингу МПВ на кордоні України з Білоруссю. Для докладного вивчення гідрогеохімічних і гідродинамічних процесів, що відбуваються в транскордонній зоні, треба як відновити спостереження на наявних свердловинах, так і залучити нові спостережні свердловини, а також узгодити процедури моніторингу, як-от: розміщення спостережних пунктів, періодичність спостережень, перелік контрольованих показників, та організувати постійний обмін інформацією з білоруською стороною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Берёзко О., Васнева О., Черевач Е., Буйневич О., Кононова Т., Вицен И. Трансграничные под-части подземных водных объектов в бассейнах рек Припяти и Днепра на территории республики Беларусь. – Филиал “Институт геологии”, Государственное предприятие “НПЦ по геологии”, 2020. https://www.euwipluseast.eu/images/2020/12/PDF/BY-Transboundary-GWB_RUS-final.pdf
2. Гошовський С. В., Саніна І. В., Люта Н. Г. Технічний звіт “Ідентифікація та розмежування підземних водних об'єктів у басейні річки Дніпро в Україні”, 2019. https://www.euwipluseast.eu/images/2019/04/GWB-Delineation-DNIPRO_UA_final.pdf

3. Соболевский Э. Э. Оценка перспектив расширения использования ресурсов питьевых подземных вод в народном хозяйстве СССР. Отчет. – 1981.

4. Стан підземних вод України. Щорічник. – ДНВП “Геоінформ України”, 2020.

REFERENCES

1. Berjzko O., Vasneva O., Cherevach E., Bujnevich O., Kononova T., Vichen I. Transboundary sub-parts of groundwater bodies in the basins of the Pripyat and Dnieper rivers on the territory of the Republic of Belarus. – Filial “Institut geologii”, Gosudarstvennoe predpriyatie “NPC po geologii”, 2020. https://www.euwipluseast.eu/images/2020/12/PDF/BY-Transboundary-GWB_RUS-final.pdf (In Russian).
2. Goshovskiy S. V., Sanina I. V., Lyuta N. G. Technical Report “Identification and delimitation of groundwater bodies in the Dnieper River Basin in Ukraine”, 2019. https://www.euwipluseast.eu/images/2019/04/GWB-Delineation-DNIPRO_UA_final.pdf (In Ukrainian).
3. Sobolevskiy E. E. Assessment of prospects for expanding the use of drinking groundwater resources in the national economy of the USSR. Report. – 1981. (In Russian).
4. State of groundwater in Ukraine. Yearbook. – DNVP “Heoinform Ukraine”, 2020. (In Ukrainian).

Рукопис отримано 22.03.2021.

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ
УКРАЇНИ

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), оглядової – 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:

- Рисунки подаються окремими файлами, їх не потрібно розміщувати у файлі документу MS Word.
- 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 СМΥΚ, 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 550.836+550.847:[551.7:553.98.041]:551.462(262.5-15)

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2021.1.39-45>

І. Д. БАГРІЙ, д-р геол. наук, професор, заступник директора, завідувач відділу геоecології та пошукових досліджень (Інститут геологічних наук НАН України), bagrid@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7280-4065>,
В. Г. СЕМЕНЮК, канд. геол. наук, головний геолог компанії ТОВ "Смарт Енерджи", v.semenuk@ukrgv.com, <https://orcid.org/0000-0001-7993-8007>,
А. А. ЛОКТЕВ, канд. геол. наук, НАК "Надра України", shon327@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3640-8473>,
В. С. ЛОКТЕВ, канд. геол. наук, директор з питань геології дивізіону "Розвідка і видобування" НАК "Нафтогаз України", <https://orcid.org/0000-0001-9020-7299>,
Н. С. ДОВБИШ, головний геолог відділу геоecології та пошукових досліджень (Інститут геологічних наук НАН України), ninad55@ukr.net,
С. М. ДОВБИШ, науковий співробітник відділу сучасного морського седиментогенезу (Інститут геологічних наук НАН України), dovbysh@ukr.net

I. BAHRII, Dr. Sci. (Geol.), Professor, Deputy Director, Chief of Department of Geocology and Searching (Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine), bagrid@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7280-4065>,
V. SEMENIUK, PhD (Geol.), Chief Geologist of SMART ENERGY LLC, v.semenuk@ukrgv.com, <https://orcid.org/0000-0001-7993-8007>,
A. LOKTIEV, PhD (Geol.), NJSC "Nadra of Ukraine", shon327@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3640-8473>,
V. LOKTIEV, PhD (Geol.), Exploration Director of the Naftogaz Exploration and Production Division of Naftogaz, <https://orcid.org/0000-0001-9020-7299>,
N. DOVBYSH, Chief Geologist of Department Geocology and Searching (Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine), ninad55@ukr.net,
S. DOVBYSH, Research Scientist at the Department of Modern Marine Sedimentogenesis (Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine), dovbysh@ukr.net

ВИВЧЕННЯ КАРТУВАЛЬНИХ ОЗНАК ПЕРЕДУМОВ ФОРМУВАННЯ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМУ СХИЛІ ЗАХІДНОЧОРНОМОРСЬКОЇ ЗАПАДИНИ

STUDY OF MAPPING FEATURES OF PRECONDITIONS FOR FORMATION OF HYDROCARBON DEPOSITS ON THE CONTINENTAL SLOPE OF THE WESTERN BLACK SEA BASIN

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Наведено результати вперше виконаних на континентальному схилі Західночорноморської западини комплексних структурно-термо-атмогеохімічних досліджень (СТАГД).

Об'єктом досліджень у цій зоні була Британська площа на ділянці виявлених сейсморозвідкою структур – Британська-1 та Британська-2. Окреме завдання полягало в проведенні аналогічних досліджень (11 станцій) на ділянках активного прояву "газових факелів" (площа Схилова) на континентальному схилі.

За геоструктурним аналізом, палеогеоморфологічними та гідролого-гідрогеологічними особливостями, структурно-неотектонічним дешифруванням космознімків, атмогеохімічною зйомкою придонного шару води (за радоном, торієм, гелієм, вуглекислим газом, воднем і вільними вуглеводнями), термічними та атмогеохімічними дослідженнями донних відкладів виокремлено перспективні ділянки нафтогазоносності.

Охарактеризовано морфоструктурні, тектонічні, стратиграфічні особливості структури континентального схилу. З'ясовано, що в цьому регіоні поширені потенційно нафтогазоносні відклади, які генетично подібні до продуктивних мезокайнозойських стратонів північно-західного шельфу та інших регіонів Кримсько-Кавказької області.

Підтверджено, що з'ясування закономірностей просторового розподілу термометричних та атмогеохімічних аномалій придонної води континентального схилу Чорного моря є важливою критеріальною ознакою нафтогазоносності та флюїдопроникності.

Отримані результати засвідчують доцільність застосування СТАГД для локального прогнозування перспективних об'єктів на початкових стадіях пошукових робіт, раціонального розміщення свердловин під час пошуку, розвідки та видобування вуглеводнів.

Ключові слова: Чорне море, континентальний схил, Західночорноморська западина, тектоніка, стратиграфія, літологія, донні відклади, атмогеохімія, термометрія, нафтогазоносність.

The integral thermo-atmogeochemical structural investigations (TAGSI) have been carried out at the continental slope of the Western Black Sea Depression for the first time. The technique of TAGSI as non-traditional and cost-effective exploration technology is originally developed at Institute of Geological Sciences. It consists of phased geo-structural researches and analysis of fault tectonics, morphological analysis and neotectonic interpretation of space images, thermal and atmo-geochemical surveying, lab measurements and processing of the data acquired to build thematic map using GIS technologies. Field data acquisition stage includes thermometric, emanation and gas surveying (Rn/Tn, He, CO₂, H₂, free hydrocarbons) in petroleum-prone onshore areas and bottom sediments (up to 2 m below the surface) thermometry, Rn-metering and measurements of gas content in the near-bottom layer offshore.

To conduct the surveying there was developed a special instrument with some modifications designed to work onshore and offshore respectively. This technology is tested in different regions of Ukraine over known oil and gas fields.

The results of TAGSI are considered in the paper. The geostructural analysis, interpretation of space images, atmogeochemical survey of the near-bottom water layer (radon, helium, carbon dioxide, hydrogen, free hydrocarbons), thermic and litho-geochemical examination of bottom sediments enable to outline the petroleum-promising areas. Morphological, structural, tectonic, stratigraphic features of the continental slope's structure are characterized. It has been found that potential petroleum-bearing structures occur in the region, which are genetically similar to the productive Mesozoic and Cenozoic strata of the northwestern shelf and other areas of the Crimean – Caucasian Region. The results of the carried out studies show that it is purposeful to use TAGSI for local forecast of promising targets at the early search stages, for rational location of drillholes, prospecting and recovery of hydrocarbons.

Keywords: Black Sea, continental slope, Western Black Sea basin, tectonics, stratigraphy, lithology, bottom sediments, atmospheric chemistry, thermometry, oil and gas.

Significant hydrocarbon resources are associated to the continental slope and deep-water depression of the Black Sea. Experts evaluate them as over 346 mln t in oil equivalent. Such high promises are quite natural, accounting that over 93 % of all recovered reserves of oil, gas, and condensate belong to the continental slopes of Eurasia [8]. So, in the Bengal Bay, Caspian, Mediterranean, Northern, Barents, and other seas, a rich petroleum presence is in the Phanerozoic terrigenous and carbonate sediments, especially in the Cretaceous and Cenozoic formations which lithological and stratigraphic properties are similar to those of the sedimentary complex of the Black Sea.

Today, petroleum prospecting in the Black Sea's aquatories is carried out mainly at the shallow shelf areas. A topical problem is an evaluation of the local structures at the continental slope and deep part of the Western Black Sea Depression that demands new methodological and methodical approaches.

The study of the continental slope is rather specific that is caused first of all by the depth (down to 2,000 m) and absence of a regional model of geological structure. It is related to the problem of interpretation of available seismic data and absence of drillholes in the deep-water part. It significantly complicates an analysis of structural features and fault-block tectonics for a determination of the most probable discharge network for fluid-gas flows.

In this connection, it was decided to determine possibilities for applying the newly developed methods of integral thermo-atmogeochimical structural investigations (TAGSI) for a forecast of hydrocarbon-promising areas and structures at the deep-water part of the Western Black Sea Depression (fig. 1).

The British Area (at the seismically proven structures British-1 and British-2) was our study target in this zone. An individual task was to carry out analogous investigations (11 stations) on locations with active "gas torch" signs [17] (Slope Area) at the continental slope.

Applying the TAGSI technique, for the first time mapping works were made that shown the necessity of detailed geological

study of this region for hydrocarbons (HCs). The TAGSI technique was created in the Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, as a development of ideas on non-traditional near-surface methods for recognition of fluid concentrations [2–6, et al.]. It was used at search for HCs both at the land and sea.

This technique supposes stage-by-stage structural, thermometric and atmogeochimical investigations following the scheme: 1) geostructural study and analysis of fault-block (disjunctive) tectonics to determine the most probable ways for discharging fluid-gas flows; 2) structural-neotectonic interpretation of space images for localization of active neotectonic dislocations – recent zones of potential higher permeability; 3) thermometric and atmogeochimical survey; 4) lab chromatographic examination of collected samples; 5) processing of obtained data and creation of cartographic schemes.

The integrated field works include thermometry of subground layer, emanation survey (radon/thoron); sampling of subground air for determination of contents of helium, carbon dioxide, hydrogen, free HCs; thermometry of the subground layer, near-bottom water layer and bottom sediments, radon measurements, determination of the gas constituent content in the near-bottom water layer (radon, helium, hydrogen, carbon dioxide, free HCs). The TAGSI technique has been tested at the known Ukrainian oil and gas fields (both land and marine) and used to evaluate productivity of over 50 promising areas in the Dnieper-Donets Depression, Fore-Carpathian Trough, Volyn-Podillia. In the Ukrainian aquatories, we used this technique in the Azov Sea, at the northwestern and near-Kerch shelves of the Black Sea [2, 4]. To evaluate "standard" thermal and atmogeochimical parameters of productive structures and blocks, we investigate marine fields Morske-1, Eastern Kazantip, Odessa, Bezimenne etc. The results of these investigations enable to reveal such the characteristic features of HC accumulations:

1) accumulations are related to geodynamically inactive microblocks of poor fluid permeability, which are suitable for occurrence of HC traps. In the near-surface atmogeochimical fields they manifest as areas of predominantly background concentrations of radon, carbon dioxide, hydrogen, helium surrounded by their local maximums;

2) over the productive blocks, weakly intensive (diffusive) aureoles of methane and ethane occur framed on their periphery by local maximums and anomalies of heavier HCs of the methane group;

3) higher temperature parameters of bottom sediments and near-bottom water layer over HC accumulations.

The obtained standard features were used to evaluate HC promises of a number of problematic areas, which productivity till now is not proven with drilling (Western Biriutcha, Meotian, Subotina etc) [3, 4].

Increasing operation depths demand to improve methods and technology of samples. For this purpose, series of samplers-degasers was been designed and produced. Those enabled to integrate temporally measurements of temperature and radon concentrations in the near-bottom water layer and bottom sediments, analysis of gas components and lithological samples (fig. 2).

Analyzing preconditions of the petroleum presence, data on the geomorphic, geological, structural-tectonic features of the region are involved.

One of the ways of TAGSI applying is studies of the mud volcanism and gas hydrates, that correspond to the fault zone, which forms the continental slope of the Western and Eastern Black Sea Depressions, as well as to deep faults, positive structures, deep discharge of fresh waters, paleodeltas etc.

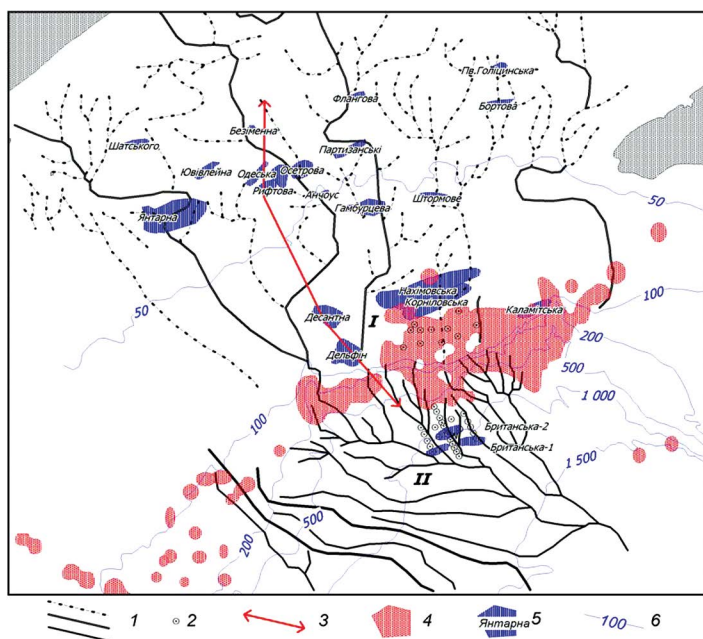


Fig. 1. Location of TAGSI sites at the continental slope of the Western Black Sea Depression

I – continental slope canyons of various ranks [11]; 2 – points of atmogeochimical and thermometric investigations; 3 – temporal section line; 4 – fields of intensive gas emanations; 5 – petroleum-promising structures; 6 – isobaths. Areas of investigations: I – Slope, II – British



Fig. 2. Equipment for thermo-atmogeochemical investigations in aquatories

The gas hydrate zones in the deep-water depression related to abyssal fluids from the bowels and located above positive structures at various structural levels of the Mesozoic-Cenozoic sedimentary formations and older sequences. In the Black Sea, the Sorokina Depression and deep-water hollows of the Western and Eastern Black Sea Depression are considered as the most promised on gas hydrates. A certain zonation is observed in gas shows in the Black Sea: on the periphery, in the joint zone of the shelf and continental slope, gas torches occur, and in the central (deep-water) part gases are constituents of gas hydrates.

As for today, enough data are available to confirm the relations between gas emanations and gas accumulations in the Earth's crust. Direct correlation exists between the number of gas shows and reserves of individual petroleum-bearing provinces. So, over 70 % of oil and gas fields of the Southern Caspian Sea (giants are amongst them) are accompanied by numerous gas shows. Both the Black Sea and Southern Caspian Basin have similar schemes of the geological history and tectonic events that resulted in the formation of depression with avalanche sedimentation of terrigenous matter. It also is a criterion of hydrocarbon promises. At the continental slope of the Western Black Sea Depression, numerous mud volcanoes occur, which are associated with the Maikopian clays. In fact, all known gas torches at the shelf and in the Western Black Sea depression are related to the weaken zones (faults, in part), and methane is of mainly abyssal origin. Faults of various ranks are transportation channels for it [18]. Therefore, these evidences are somewhat corresponding to the notion that the continental slope with its thick sedimentary cover is a large promising petroleum-bearing region.

It should be noted that recovery of gas hydrates as well as prospecting and development of hydrocarbon accumulations at the continental slope and deep-water depression is a problem of the future especially due to the absence of adequate drilling equipment for large depths. But just now the petroleum potential should be clarified through mapping of oil-gas and gas hydrate targets and evaluation of their promises using both geophysical and low-cost methods. TAGSI should be at the top of them.

Another way is applying TAGSI to obtain recommendations about search of fluid-permeable zones at the continental slope and in deep-water depressions. For this purpose, hydrodynamic types of hydrocarbon fields are mapped that can be linked with channels of pre-rivers and canyons, which in fact cross all continental slope of the eastern and western Black Sea depressions. This forecast methods is not mastered good enough yet but searches of fields in hydrogeological basins along tectonic dislocations, in blocks between them, in river valleys (including pre-rivers), canyons or closely to them in cross points of these morphostructures are very prospective accounting that a large part of fields (e. g., in Western Siberia, Urals Region) belongs just to the hydrodynamic type. In this aspect, the continental slope of the Western Black Sea Depression accounting its complicated structure can be a demonstration range for the development of various techniques with the aim to find the criteria for HCs forecast.

The recent continental slope where TAGSI was carried out was formed by global, horizontal and vertical tectonic movements. Significant

inclinations are characteristic of its, and they increase eastward. The inclination angles increase in parallel to the reducing thickness and completeness of the Mesozoic-Cenozoic sedimentary sections at the part of northwestern Black Sea shelf adjacent to the slope.

The continental slope of the Black Sea is the transitional zone between the shelf and abyssal depression. It is a surface between the brow and slope base at the margin of its joint with flattened surface of the hollow bed (fig. 1).

The boundary of the slope base in most clearly observed in the relief at the depths of 1,500–1,700 m, and at the depths of 2,000–2,100 it gradually passes into deep-water hollow. It should be noted that deep-water hollows in the western part are traced at the depths of 1,300–1,700 m, and in western part they occur at the depths of 2,000–2,100 m. The continental slope in its general shape is similar to the outline of the Western Black Sea Depression.

Large erosional cuttings-in are typical for the continental slope [9, 11]. They dissect the whole slope surface from the upper brow to the base. Canyons have V-like shape, their width vary between 150–2,500 m, and depth is 400–500 (sometimes 1,000) m. The flanks are symmetrical that is caused by lateral erosion. Intensity of lateral erosion varies depending on inclinations and geological structure. The longitudinal profiles of the canyons clearly show their step nature that reflects geological events in the region in corresponding geological epochs.

The morphostructural plan of the continental slope is significantly governed by the regional fault zones, which are caused by tectonic processes. The canyons of paleo-Danube, paleo-Dniester, paleo-Dnieper, paleo-Kalantchak correspond to these faults. The erosional and denudational activity of the canyons resulted in the appearance of large submarine erosional amphitheatres near the brow of the continental slope. The eroded complexes of sediments form large in thickness and volume sites. They are marginal abyssal fans forming the transitional zone from the continental slope to the deep-water hollows. They create peculiar ramparts, hillocks, submarine ridges, and imposed fans that were formed by suspension flows. The fan thickness is several kilometers. The Danubian fan is the most distinctive morphostructure in the northwestern part of

the Black Sea. It is a large accumulative body. The principal morphological elements are slip terraces in the lower part of the slope and submarine canyons formed by suspension flows. The surfaces of slopes and flanks of the canyons are modeled by submarine (drainage and plane) and suspension currents. The fan developed in the Mesozoic-Cenozoic and even in the Quaternary time in some stages in the process of direct advance of the Danube's foredelta and submarine erosion of the continental slope brow bench. Large slides significantly influenced the dynamics of suspension flow. Large areas of low-hillock relief and cone-like sopkas (nipple-like hills) were found. In the base of the continental slope, carbonate formations were recognized that are probably related to the methane smokers. Characteristic forms of the relief are appropriated to zones of active gas emanation and mud volcanism shows [17].

A comparative analysis of the complicated recent morphology and pre-Quaternary one shows that the neotectonic movements are inherited, and disjunctive structure of the shelf, continental slope and abyssal depression were crucial in the distribution of thicknesses and facies both in the Quaternary sediments and in the whole sedimentary cover of the depression (fig. 3).

By CDP (common deep point) seismic data, "a paleocontinental slope" is mapped at the recent continental slope. It manifests on the seismic sections as a wide (12–13 km) zone of subparallel tectonic dislocations. Along them, the pre-Cretaceous discordance surface dips step-by-step southward from 2,000–4,000 m to 6,500–7,500 m with average inclination 20–35°. At the south, the zone is bounded by large-amplitude Northern Euxinian Flank Chop of the Cretaceous-Cenozoic age that has "listric kinematics" with displacement surface flattening towards the Western Black Sea Rift [10].

Using CDP seismic data, a chain of structures was mapped in the band of the paleocontinental slope (Omar, Barova, Lagoon, Pluto, Sand etc.) as well as studied by us structures British-1 and British-2. This wide (8–20 km) zone of local structures is referred as the Lomonosov Ridge, or submarine massif.

It reflects in a complicated pattern of seismic record that is interpreted ambiguously. The dragged there samples of bottom sediments are various by age and lithology rocks including magmatites from acid to ultrabasic composition that is typical for near-suture melange. From these features, the Lomonosov Ridge is interpreted as a suture tectonic zone (may be, the eastern prolongation of the

Petcheniaga-Kamena Suture) – a fragment of the active Mesian paleocontinental margin in the allochthon. For the upper parts of sections in the near-flank zone, gravitational-tectonic dislocations are typical, with development of olistostromes, tectonic sheets and scales. Proceeding from the notion about suture nature of the continental slope in the abyssal Western Black Sea Depression, one can conclude that this region has high prospects.

Accordingly to seismic-stratigraphic model of region, over the Paleozoic fundament the rift Triassic and Cretaceous sediments occur that is covered by the Cenozoic sequence. The principal petroleum-bearing sedimentary formations of the Western Black Sea Depression and adjacent shelf are represented by the Paleocene-Eocene (up to 3 km thick), Oligocene-Miocene (3–5 km), Pliocene (up to 1,2 km), and Quaternary (1–3 km) sediments. Respectively, they are three sedimentation megacomplexes: Paleogene, Miocene, and Pliocene-Quaternary. They have a rather complicated structure, and during their existence they passed through numerous reformations of tectonic plans, inheritance of imposed structures and inversion movements. Heteromorphic formational complexes of various ranks are discriminated that have a clear cyclic structure and form lateral series standard for marine basins – shelf, continental slope and abyssal. The following sedimentation complexes are recognized: terrigenous (turbidites, stratified flysch-like sequences with asymmetric rhythms); carbonate (organogenic-detrital limestone sequence); flint (flint-siderite-limy-clayey sequence) that are appropriated to all sedimentary complexes. An analysis of stratigraphic structure shows that at the northern continental slope of the Western Black Sea Depression the thicknesses and completeness of the Cenozoic sediments decrease, especially there where inclination of the slopes increase. In its western part, where the slope is composed by the thick sequence of the Anthropogene Danubian delta, beneath the latter, all Paleogene and Neogene strata occur though of small thickness. Narrow zones of washed out Miocene Maikopian and Paleocene-Eocene sediments occur at the bends of the slope. The Pliocene-Quaternary sediments cover brows of the old slope almost without changing thickness. The main feature of this model is a presence of overthrusts, which formed in some stages since the Oligocene. The pre-Meotian time was the most active – Otian orogenesis phase at the Late Sarmatian – Meotian boundary (9 Ma) that was clearly identified at the Caucasus and also manifested in

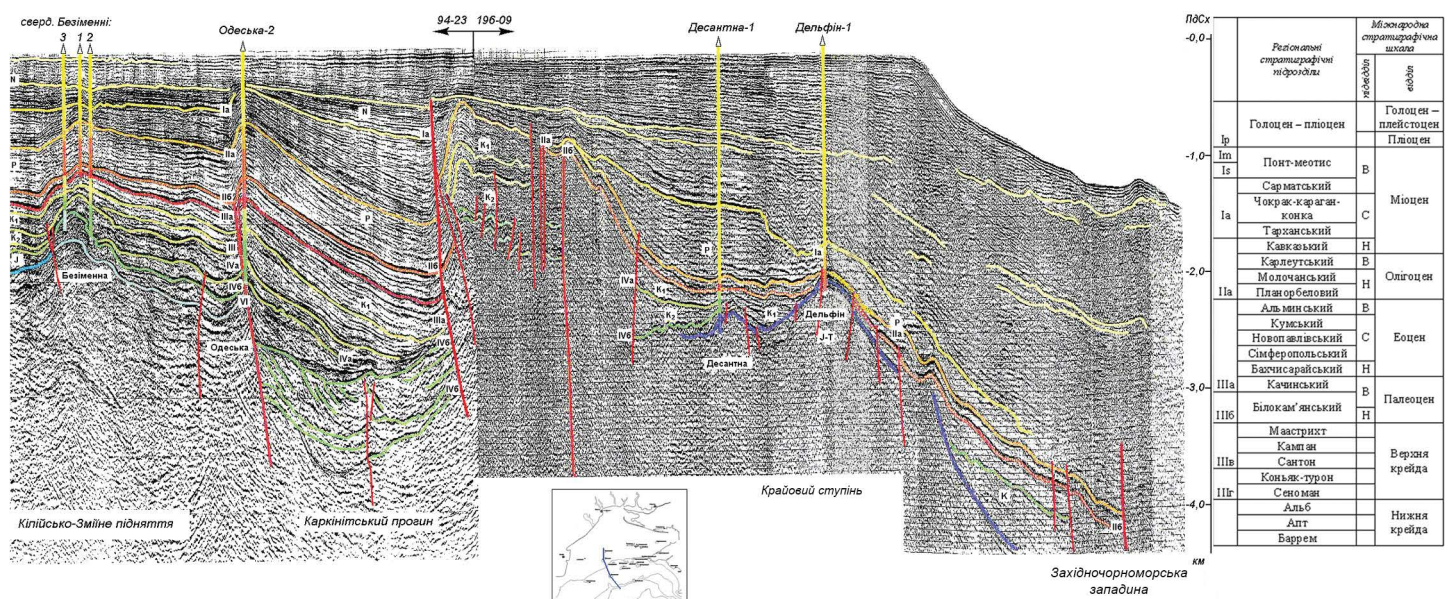


Fig. 3. Temporal section of the northwestern shelf of the Black Sea [12]

the Caspian region trough significantly increased volcanic activity. Accounting the complicated patterns of seismic records, reflecting horizons can be traced only over short distances; they are not dynamically steady and of different vectors. That is why various variants of seismic stratification are possible for reflecting horizons in this region.

As the seismostratigraphic analysis shows, the sedimentary sequence of the continental slope consists of a number of seismic complexes, which join various formations of different age that decreases the resolving power of this method at evaluating promises. An efficient forecast of petroleum presence demands a detailed geological-stratigraphic model. We developed a detailed stratigraphic model for the northwestern shelf that together with comparative analysis of geological data (paleontological, stratigraphic, paleoecological etc.) obtained in special trips enabled to conclude that the same strata were recognized at the continental slope and shelf, in part in the Paleogene – Neogene (fig. 3). The Paleocene, Eocene, Oligocene, Miocene formations have flyschoid features similar to those in the shelf drillholes and productive Paleogene-Neogene sections of the Kerch-Taman region, Caucasus, Carpathians.

Paleontological, paleoecological, lithogenetic interpretation of the bed rocks shows that just in the dawn of the Paleogene the northern part of the Black Sea Depression was characterized by increased depth of sedimentation that went in the geosyncline conditions. With certain level of reliability, it is possible to consider about existence of the continental slope since the Paleocene as well as in the Oligocene and Neogene-Quaternary time. The so long history of the continental slope is proved also by seismic stratigraphic data. In the joint zone of the Crimean Megaanticlinorium and Black Sea Depression, thicknesses smoothly decrease to the slope; one observes the gradual uplift of all layers in the same direction (more for older layers), their gradual pinching out, shifts of erosion zones (absence of sediments from older to younger upward the slope). The inherited nature of cyclic marine sedimentogenesis is traced through the Cenozoic.

The Pliocene-Quaternary stage, especially recent sedimentation, has factors of the sedimentational environment and types of formational complexes similar to those of the Paleogene and Neogene. In the facial structure of the Black Sea Horizon (Holocene), we observe recent analogs of those systems, which have signs of the past, e. g. potentially oil and gas source formations (sapropelic, carbonate-terrigenous complexes). Recent sedimentogenesis at the continental slope of the Black Sea is an active analog of the Paleogene facial systems, in part, the Oligocene domanik-like complex that is able to be a model for reconstruction of sedimentogenesis during the Mesozoic and Cenozoic.

The principal role in the formation of local structures, migration and distribution of HCs belongs to the tectonic factor. But, as an analysis of the Mesozoic and Cenozoic section shows, the lithological-stratigraphic factor is also important in clarification of forming conditions for stratiform and paleogeomorphologic traps. All hydrocarbon fields of the northwestern shelf are clearly stratigraphically linked to the corresponding horizons. Hydrocarbon accumulations are accustomed to corresponding strata: Belokamenkian and Katchian – to the Paleocene; Simferopolian and Kumian – to the Eocene; Molotchanian and Kerleutian – to the Oligocene; Bathysiphonian, Sarmatian, Meotian, Kimmerian-Kuyalnikian – to the Miocene and Pleistocene. The reservoir rocks and petroleum accumulations in the Mesozoic and Cenozoic sediments related to siderite-siltstone-sandy terrigenous and limestone complexes that are often created by turbidite flows and form deep-water fans. All these formational complexes are spread at the continental slope and in abyssal depression [9]. It is proved by their identification in the bed rocks.

Therefore, lithological-stratigraphic conditions of oil-and-gas accumulation exist at the continental slope that concern to tectonic, morphostructural factors and are signs of high hydrocarbon promises of the continental slope.

An important criterion of the petroleum presence and fluid permeability that is an important constituent of the TAGSI system complex is the clarification of regularities in the spatial distribution of thermometric and atmogeochemical anomalies of near-bottom water at the Black Sea continental slope.

Studies of the distribution of dissolved hydrocarbon gases (HCG) concentrations in sea waters and accompanying atmogeochemical anomalies is amongst top-priority tasks of petroleum geology [1, 14]. The results of long-year studies in the Caspian, Okhotsk, and Baltic seas demonstrate that near-bottom water layer (1–4 m) is the most informative target of marine search geochemical investigations. In the near-surface portion of bottom sediments, HCG anomalies are less sharp. Already at the first stages of marine investigations, HCG anomalies in the near-bottom water layer and bottom sediments were considered as possible indicators of petroleum genesis spots in the World Ocean [7].

Large investigations on the distribution of HCG were carried out in the Black Sea aquatory [1, 13, 17, et al.]. It enabled to elicit most general regularities in the distribution of gas concentrations and to determine principal criteria of regional forecasts in various sea aquatories about for planning of search and prospecting of HCs. It was recognized that the whole mass of anaerobic water is a giant HCG anomaly. The Black Sea's waters beneath depths of 120–150 m contain anomalous concentrations of methane that are two-three orders of magnitude higher than background ones and gradually increase as the sea deepens. In bottom sediments of the Black Sea, anomalous methane concentrations are caused by gas hydrates and occur at the continental slope. In the end of 1980s, marine and submarine investigations discovered mass jet methane emissions and abyssal mud volcanoes. Despite specifics of the Black Sea as a miomectic-type basin, the distribution of HCG in its bottom sediments is generally analogous to general regularities of the World Ocean [1 and others].

Main difficulties in gas-geochemical investigations of HCG distribution in deep-water zones are caused by that fact that local anomalies are hardly outlined there due to high methane saturation of the near-bottom waters. Recognition of local anomalies at continental slopes is complicated by common for the whole Black Sea Basin “marginal effect” of mass gas emanations – their relations to the peripheries of depressions in the Black Sea along the base and brow in the shape of numerous jets and mud volcanoes. The use of bottom sediments for geological and geochemical studies is also problematic because methane-saturated gas hydrates occur in them in significant amounts.

These difficulties are complemented by similar compositions of higher gas flows despite their multifarious manifestation forms. The main component of gas-saturated mixture is methane (up to 80–99 vol. %) that is known to be of different nature. Different notions exist about its genesis in each specific case of anomalous flows because the integrated approach to studies of gas-anomalous natural phenomena is absent, and different understanding of fluid-generating processes exist.

The majority of modern studies of fluid signs has specifically geochemical specialization and is aimed to chemistry of gas outflows in the Black Sea [17]. These parameters of discharge targets of fluid flows are complemented by gas-biochemical signs [1]. In part, a high biological activity of the marine environment is found over submarine mud volcanoes that is an additional criterion for their mapping.

The studied by us British area has the structural position rather different from the areas of antecedent works. It is situated at the northern flank of the Western Black Sea Deep-Water Depression [10]. In the recent structural plan, this part of the Black Sea's bottom corresponds to the continental slope zone at the depths of 860–1,210 m that is complicated by a system of subparallel V-like canyons, 150–2,500 m width, 400–500 m (sometimes 1,000 m) in depth.

Structures British-1 and British-2 were found with CDP seismics. On a structural map on reflecting horizon IV (base of the Lower Cretaceous) they are outlined as spatially close subparallel anticlines of NE-E strike (dimensions 11x1,5 i 4x1,2 km respectively). Two domes complicate the larger British-1 structure. These anticlines are divided and bounded on the north and south by disjunctive dislocations of accorded strikes. The structures structure British-1 and British-2 in cross sections corresponds to individual benches of the continental slope complicating it and forming its characteristic reversal-step structure that is caused by listric dynamics of block movements.

Using TAGSI technique, we made integrated works at the British area including geostructural analysis, interpretation of space images, atmogeochemical survey of the near-bottom water layer (radon, helium, carbon dioxide, hydrogen, and free HCs), thermometric and lithogeochemical examination of bottom sediments. Both British structures were crossed by three submeridional profiles through their apical parts (fig. 1). Distances between profiles were 7–8 km, between stations 1–1,5 km. The profiles and observation stations were preciously located using personal GPS personal navigator. In some points lithological sampling of bottom sediments was carried out.

The results of our works at the British areas enable to affirm (fig. 4):

1. The temperature field is described by small drops in the range of 9,2–8,65 °C. All in all, temperature parameters of the near-bottom layer decrease as the sea bottom dips. This regularity is disturbed at the distances of the profiles that cross the apical parts of the structures British-1 and British-2. In these parts, the decline of temperature parameters discontinues and they settle at 9,0–9,1 °C with increasing up to 9,2 °C in the most dip parts of the sea.

2. Radon is determined at all observation stations. Its minimum content in the near-bottom water layer is 0,11, maximum 2,31, background 1,16 Bq/l. The main peculiarity in the radon spatial distribution is sharp variability of its concentrations from one station to another that is typical for areas of small-block tectonics and caused by fault zones of deep discharge of subsurface waters. Generally, the radon content increases as the sea bottom dips. Stations with minimum radon content in water samples gravitate to the southern flank of the British-1 structure that is disturbed by concordantly striking tectonic dislocation and coincide with anomalous temperature peaks. The good correlation exists between radon anomalies and points of anomalous hydrogen concentrations that also proves higher abyssal permeability of seismically recognized tectonic dislocations.

3. On gas survey evidences, the near-bottom water layer (excluding rare samples) is distinguished by high hydrocarbon saturation of gases. The main component of dissolved gases is methane that overall has abnormally high concentrations in the margins of $10\text{--}200 \cdot 10^{-2}$ vol. %. The background values reach $153,1 \cdot 10^{-2}$ vol. % and four orders of magnitude exceed background and maximum ones at the known shelf fields, in particular, at the largest Odessa field. Good correlation exists between carbon dioxide and methane distribution. Anomalous values of carbon dioxide have been found in 11 points. The background value is 7,06 vol. %, maximum reaches 12,5 vol. %.

Besides methane, anomalies of its homologues and ethylene occur in the near-bottom water samples in far lower concentrations.

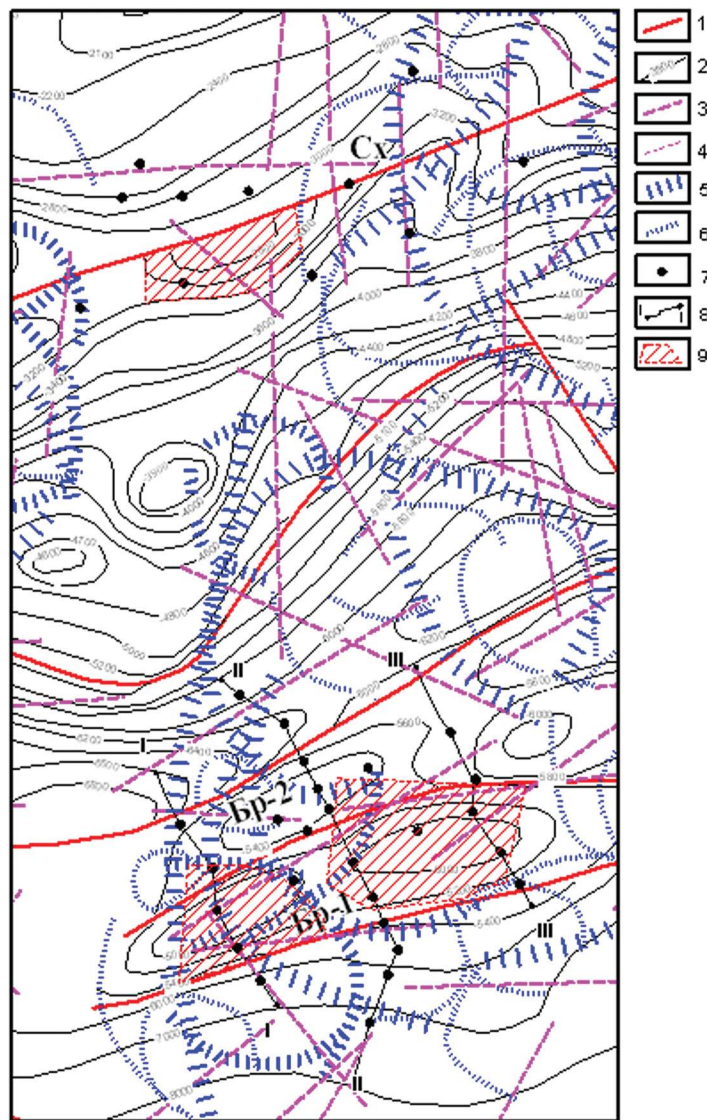


Fig. 4. Location of promising areas on TAGSI data

Structural elements on seismic evidences: 1 – disjunctive dislocations, 2 – isohypses of IV reflecting horizon (base of the Lower Cretaceous); structural elements on space images interpretation data: lineaments – 3 – regional, 4 – local; annular structures – 5 – regional, 6 – local; 7 – TAGSI points, 8 – TAGSI profiles and their number; 9 – promising areas for further search and evaluation on TAGSI data. Cx – Slope area. Local structure: Бр-1 – British-1, Бр-2 – British-2

Ethane prevails amongst methane homologues. This gas has been found in eight points; the background value is $396 \cdot 10^{-6}$ vol. %, maximum – up to $1,110 \cdot 10^{-6}$ vol. %. The background and maximum ethane concentrations that were found in the samples of the near-bottom water layer from the British area is order of magnitude higher than those of the Odessa field. Another recognized methane homologues are: propane (four points, background $0,35 \cdot 10^{-6}$ vol. %, maximum $44,6 \cdot 10^{-6}$ vol. %) and isobutane (two points, background $0,22 \cdot 10^{-6}$ vol. %, maximum $5,04 \cdot 10^{-6}$ vol. %). Concentrations of these methane homologues at the British area conform to those of the Odessa field. Our studies and results of numerous other investigations prove that that the presence of methane homologues in the samples from near-bottom water layer (butane especially) indicate a probable migration of HCs from abyssal sources – potential accumulations of oil and gas. Besides HCs of the methane series, ethylene (background $0,33 \cdot 10^{-6}$ vol. %, maximum $54,9 \cdot 10^{-6}$ vol. %) and propylene (back-

ground $4,83 \cdot 10^{-6}$ vol. %, maximum $35 \cdot 10^{-6}$ vol. %) have been measured in four points in the near-bottom water layer. Their concentrations are almost order of magnitude lower than those at the Odessa field. Their presence, as Russian scientists suppose, evidences biodegradation of oil.

Spatially, all revealed anomalies of methane and ethylene homologues coincide with western boundary parts of the British-1 and British-2 structures. The results of our previous marine investigations in shelf zones show that anomalies of heavy HCs of the methane series and olefines are located, as a rule, around contours of known fields.

Therefore, the distribution regularity of gas constituent and temperature fields that we have revealed, the presence of these HCs in dissolved gases of the near-bottom water layer and bottom sediments can indicate the presence of their accumulations in the continental slope sediments. Accordingly the empiric experience, evaluated by us concentrations of isobutane and n-butane, in particular, predominating of the former over the latter, it is possible to suppose the prevailing gas genesis of potential accumulations of HCs.

Studies with TAGSI technique with more dense net of stations will enable to outline promising areas of hydrocarbon genesis and accumulation.

ЛІТЕРАТУРА

1. Авилов В. И., Авилова С. Д. Оценка генезиса углеводородов подводных вулканов, газогидратов, газовых факелов Черного моря по газобиогеохимическим показателям//Геология и полезные ископаемые мирового океана. – 2007. – № 2. – С. 67–85.
2. Багрий І. Д. Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоecологічних та пошукових задач. – Київ: ІГН НАНУ, 2003. – 149 с.
3. Багрий І. Д. Розробка геолого-структурно-термоатмогеохімічної технології прогнозування пошуків корисних копалин та оцінки геоecологічного стану довкілля. – Київ: Логос, 2013. – 512 с.
4. Багрий І. Д. Гідро-геосинергетична біогенно-мантийна гіпотеза формування углеводородів та її роль при обґрунтуванні прямопоискової технології//Геол. журн. – 2016. – № 2 (355). – С. 107–133.
5. Багрий І. Д. Фундаментальні розробки – підґрунтя нових концепцій та високоєфективних пошукових технологій (підземні води, вуглеводні). – Київ: ПФ “Фоліант”, 2017. – 561 с.
6. Багрий І. Д., Знаменська Т. О., Мельничук П. М. та ін. Критерії прогнозування покладів вуглеводнів в акваторії Азовського моря за структурно-термоатмогеохімічними методами//Геол. журн. – 2007. – № 2. – С. 39–56.
7. Геодекян А. А., Троцюк В. Я., Авилов В. И. Углеводородные газы в воде и донных осадках – возможные индикаторы нефтегазообразования в осадочных недрах Мирового океана//Генетические предпосылки нефтегазосности Мирового океана. – Москва: ИОАН, 1978. – С. 98–119.
8. Гожик П. Ф., Краушкин В. А., Клочко В. П. Гигантские ресурсы нефти и газа континентального склона Евразии//Геол. журн. – 2004. – № 1. – С. 9–20.
9. Гожик П. Ф., Маслун Н. В., Байсарович И. М. Геологическая модель Ласпинского каньона Крымского континентального склона//Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1990. – № 7. – С. 88–97.
10. Коморный Ф. Ф., Войццкий З. Я., Герасимов М. Е. О геологическом строении северного борта Западно-Черноморской впадины//Геодинамика и нефтегазосносные структуры Черноморско-Каспийского региона. Тезисы докл. на IV Международ. конф. “Крым-2002”. Крым, Гурзуф, 9–14 сентября 2002 г. – Симферополь: Форма, 2002. – С. 94–96.
11. Мельник В. И. Подводные каньоны Черного моря//Геол. журн. – 1986. – № 6. – С. 72–79.
12. Мельничук П. М. Особливості геологічної будови і перспективи нафтогазосносності нижньокрейдових відкладів північно-західного шельфу Чорного моря. Автореф. дис. ... канд. геол. наук (01.04.17). – Івано-Франківськ, 2005. – 22 с.
13. Прямые геохимические поиски нефти и газа на шельфе Черного моря// Труды Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. Отв. ред. акад. А. А. Трофимук. – Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1991. – 90 с.

14. Химия нефти и газа/А. И. Богомолов, А. А. Гайле, А. А. Громов и др. – Москва: Химия, 1981. – 359 с.

15. Шнюков Е. Ф., Иванников А. В., Григорьев А. В. Геологические исследования 44 рейса НИС “Академик Вернадский” в Черном море. – Киев, 1993. – 75 с.

16. Шнюков Е. Ф., Пасынков А. А., Клещенко С. А. и др. Газовые факелы Черного моря. – Киев, 1999. – 133 с.

17. Шнюков Е. Ф., Старостенко В. И., Русаков О. М., Кутас Р. И. Глубинная природа газовых факелов Западной части Черного моря по результатам геофизических исследований//Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2005. – № 1. – С. 70–82.

REFERENCES

1. Avilov V. I., Avilova S. D. Genesis of hydrocarbons from submarine volcanoes, gas hydrates, gas torches of the Black Sea on gas-bio-geochemical parameters//Geologiya i poleznye iskopaemye mirovogo okeana. – 2007. – № 2. – P. 67–85. (In Russian).
2. Bahrii I. D. Forecast of Higher Permeability Zones in Rocks for Geocological and Search Purposes. – Kyiv: IHN NANU, 2003. – 149 p. (In Ukrainian).
3. Bahrii I. D. Development of geological-structural-thermal-atmo-geochemical technology of forecasting of search of minerals and assessment of geocological environmental state. – Kyiv: Lohos, 2013. – 512 p. (In Ukrainian).
4. Bagrii I. D. Hydro-geosynthetic biogenic-mantle hypothesis of hydrocarbons origin and its role in direct search technology substantiation//Geol. zhurnal. – 2016. – № 2 (355). – P. 107–133. (In Russian).
5. Bahrii I. D. Fundamental developments – basis of new concepts and highly effective search technologies (underground waters, hydrocarbons). – Kyiv: PF “Foliant”, 2017. – 561 p. (In Ukrainian).
6. Bahrii I. D., Znamenska T. O., Melnychuk P. M. et al. Forecast criteria in the Black Sea’s aquatory with thermo-atmogeocological structural methods//Geol. zhurnal. – 2007. – № 2. – P. 39–56. (In Ukrainian).
7. Geodekian A. A., Trocyuk V. Ja., Avilov V. I. Hydrocarbon gases in water and bottom deposits as possible indicators of oil and gas forming in the sedimentary bowels of the World Ocean//Geneticheskie predposylki neftegazonosnosti Mirovogo okeana. – Moskva: IOAN, 1978. – P. 98–119. (In Russian).
8. Gozhik P. F., Krayushkin V. A., Klochko V. P. Giant resources of oil and gas at the continental slope of Eurasia//Geol. zhurnal. – 2004. – № 1. – P. 9–20. (In Russian).
9. Gozhik P. F., Maslun N. V., Bajsarovich I. M. Geological model of the Laspi canyon (Crimean continental slope)//Dokl. AN USSR. Ser. B. – 1990. – № 7. – P. 88–97. (In Russian).
10. Komornyy F. F., Vojcickiy Z. Ja., Gerasimov M. E. About geological structure of the northern flank of the Western Black Seas depression//Geodinamika i neftegazonosnye struktury Chernomorsko-Kaspijskogo regiona. Tezisy dokl. na IV Mezhdunarod. konf. “Krym-2002”. Krym, Gurzuf, 9–14 sentyabrya 2002. – Simferopol: Forma, 2002. – P. 94–96. (In Russian).
11. Melnik V. I. Submarine canyons of the Black Sea//Geol. zhurnal. – 1986. – № 6. – P. 72–79. (In Russian).
12. Melnychuk P. M. Features of geological structure o petroleum presence promises of the Lower Cretaceous sediments at the northwestern Black Sea shelf. Avtoref. dis. ... kand. heol. nauk (01.04.17). – Ivano-Frankivsk, 2005. – 22 p. (In Ukrainian).
13. Direct Geochemical Search of Oil and Gas on the Black Sea Shelf//Trudy In-ta geologii i geofiziki SO AN SSSR. Otv. red. akad. A. A. Trofimuk. – Novosibirsk: Nauka, SO AN SSSR, 1991. – 90 p. (In Russian).
14. Chemistry of Oil and Gas/A. I. Bogomolov, A. A. Gajle, A. A. Gromov et al. – Moskva: Himiya, 1981. – 359 p. (In Russian).
15. Shnyukov E. F., Ivannikov A. V., Grigorev A. V. et al. Geological Studies in 44th trip of SV “Academician Vernadsky” in the Black Sea. – Kiev, 1993. – 75 p. (In Russian).
16. Shnyukov E. F., Pasyнков A. A., Kleshchenko S. A. et al. Gas torches on the Black Sea bottom. – Kiev, 1999. – 133 p. (In Russian).
17. Shnyukov E. F., Starostenko V. I., Rusakov O. M., Kutas R. I. The deep nature of the gas torches of the Western part of the Black Sea according to the results of geophysical studies//Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana. – 2005. – № 1. – P. 70–82. (In Russian).

Рукопис отримано 23.03.2021.

УДК 622.279.5

<https://doi.org/10.31996/mru.2021.1.46-50>

С. В. МАТКІВСЬКИЙ, аспірант кафедри видобування нафти і газу (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу), начальник відділу проектування систем розробки родовищ вуглеводнів (Український науково-дослідний інститут природних газів, м. Харків), matkivskiy.sergey@ndigas.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4139-1381>

S. MATKIVSKYI, PhD student at the department of oil and gas fields development (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), head of the hydrocarbon fields development planning department (Ukrainian scientific-research institute of natural gases, Harkiv), Ukraine, matkivskiy.sergey@ndigas.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4139-1381>

ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ СІТКИ НАГНІТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН НА РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБВОДНЕННЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ ПОКЛАДІВ ШЛЯХОМ НАГНІТАННЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

IMPACT OF THE WELL PLACEMENT DENSITY OF WATER FLOODING PROCESS CONTROL BY INJECTION OF CARBON DIOXIDE

Використовуючи цифрову тривимірну модель газоконденсатного родовища, досліджено вплив щільності сітки нагнітальних свердловин на регулювання процесу обводнення родовища під час нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивні поклади на межі початкового газоводяного контакту. Згідно з результатами моделювання встановлено, що видобуток пластової води зі збільшенням щільності сітки нагнітальних свердловин зменшується. У разі використання чотирьох нагнітальних свердловин для нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивні поклади накопичений видобуток пластової води на кінець розробки становить 169,71 тис. м³. Зі збільшенням щільності сітки нагнітальних свердловин до 16 одиниць накопичений видобуток пластової води скорочується до 0,066 м³. Такий результат досягається завдяки повнішому охопленню діоксидом вуглецю периметра газонасиченості та створенню надійного штучного бар'єра між водою й природним газом, який забезпечує ефективне блокування просування пластових вод у газонасичені інтервали продуктивних горизонтів. Зниження активності водонапірної системи зумовлює стабільну експлуатацію видобувних свердловин упродовж тривалішого періоду дорозробки покладу. На основі результатів проведених розрахунків визначено максимальне значення кількості нагнітальних свердловин на момент прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин, яке становить 6,41 (6) свердловин. Прогнозний ступінь вилучення природного газу для наведеного максимального значення кількості нагнітальних свердловин становить 64,05 %, а в разі розроблення покладу на виснаження – 51,72 %. Результати проведених досліджень свідчать про технологічну ефективність нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивні поклади на межі початкового газоводяного контакту з метою зниження активності водонапірної системи та збільшення ступеня вилучення природного газу для умов конкретного покладу.

Ключові слова: 3D-модель родовища, газоконденсатний поклад, водонапірний режим, зацмлений газ, нагнітання діоксиду вуглецю.

Using a 3D-model of a gas condensate field, the influence of the density of the grid of injection wells on the regulation of the process of flooding of the field when injecting carbon dioxide into productive reservoirs on the boundary of the initial gas-water contact is investigated. According to the simulation results, it was found that the water production cumulative decreases with an increase in the density of the grid of injection wells. In the case of using 4 injection wells to inject carbon dioxide into productive reservoirs, the water production cumulative is 169,71 th. m³. With an increase in the density of the grid of injection wells to 16, the water production cumulative is reduced to 0,066 m³. This result is achieved due to a more complete coverage of the perimeter of gas content with carbon dioxide and the creation of a reliable artificial barrier between water and natural gas, due to which an effective blocking of the advancement of marginal waters into gas-saturated intervals of productive horizons is ensured. A decrease in the activity of the water drive system determines the stable operation of production wells for a long period of additional development of the reservoir. Based on the results of the calculations, the maximum value of the number of injection wells is 6,41 (6) wells. The predicted of natural gas recovery factor for the given maximum value of the number of injection wells is 64,05 %, and for depletion development it is 51,72 %. The results of the studies carried out indicate the technological efficiency of injecting carbon dioxide into productive reservoirs on the boundary of the initial gas-water contact in order to reduce the activity of the water-pressure system and increase of natural gas recovery factor for the conditions of a particular field.

Keywords: 3D-model of the field, gas condensate reservoir, water drive, trapped gas, injection of carbon dioxide.

Вступ

Більшість родовищ України, з яких забезпечується основний видобуток вуглеводнів, перебуває в пізній стадії розробки та характеризується вибіркоким обводненням продуктивних покладів і видобувних свердловин [3–4]. Унаслідок просування пластової води високопроникними пластами відбувається відтинання фронтом пластової води ділянок покладу з високою газонасиченістю, що зумовлює зацмлення залишкових запасів газу [5, 9].

При розробці родовищ природних газів важливою є інформація щодо переміщення пластових і підшовних вод. На характер просування газоводяного контакту істотно

впливає неоднорідність продуктивного розрізу, складеного з порід, що характеризуються мінливістю фільтраційно-ємнісних властивостей як за товщиною, так і за площею [8, 10]. В міру виснаження пластової енергії відбувається підняття газоводяного контакту, що призводить до зменшення газонасиченої товщини пластів, появи води в продукції видобувних свердловин і зниження дебітів газу [16].

Визначення положення газоводяного контакту за водонапірного режиму розробки продуктивних покладів є важливим завданням контролю, без якого неможлива раціональна розробка родовища [19].

Під час проектування раціональної системи розробки виснажених газових і газоконденсатних родовищ використовують різні технології підвищення коефіцієнтів вуглеводне-

вилучення. Доцільність та ефективність вибраних методів і технологій залежить винятково від співвідношення необхідної та обводненої продуктивної площі родовища.

На основі результатів численних лабораторних досліджень розкрито механізм поведінки защемленого природного газу пластовою водою в пористому середовищі [13–17]. Використовуючи результати досліджень розроблено нові та вдосконалено наявні технології розробки родових за водонапірного режиму. Зважаючи на істотну неоднорідність покладів вуглеводнів як за площею, так і за товщиною, розроблені технології зазвичай малоефективні або їх не можливо реалізувати за результатами техніко-економічної оцінки. Характер розподілу фільтраційно-ємнісних властивостей колектора вносить істотну невизначеність у процес обґрунтування оптимальної технології розробки родовищ за таких умов.

На сьогодні перспективним є напрям підвищення вуглеводневилучення виснажених родовищ, для яких характерний водонапірний режим розробки з використанням неуглеводневих газів. Однією з успішних технологій підвищення вуглеводневилучення є технологія нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивні поклади. Теоретичні та експериментальні дослідження процесу запомповування діоксиду вуглецю для витіснення залишкового газу підтверджують його технологічну ефективність [11, 18, 21, 25].

У працях [15, 23–24] наведено результати лабораторних досліджень з витіснення залишкового газу азотом, діоксидом вуглецю та димовими газами з горизонтальних моделей однорідного та неоднорідного пластів. Результати лабораторних досліджень свідчать про високу ефективність використання неуглеводневих газів для витіснення залишкового газу з продуктивних покладів. Однак, найвищий коефіцієнт вилучення природного газу отримано в експериментах із застосуванням у ролі агента нагнітання – діоксиду вуглецю.

Численними лабораторними та експериментальними дослідженнями підтверджено, що діоксид вуглецю добре розчиняється в пластових флюїдах (нафті, конденсаті й воді). Завдяки високій розчинності діоксиду вуглецю збільшується рухомість нафти й конденсату та водночас зменшується рухомість пластової води [12].

Результати гідродинамічного моделювання засвідчують, що завдяки запомповуванню діоксиду вуглецю приплив і просування пластової води стає контрольованим, що забезпечує набагато вищі коефіцієнти вуглеводневилучення [6–7, 20].

Теоретичні та експериментальні дослідження процесу запомповування неуглеводневих газів для витіснення залишкового газу та сповільнення просування пластової води в продуктивні поклади підтверджують їхню ефективність, однак до сьогодні не досліджено проблему вибору агента нагнітання, який забезпечить найбільший ефект і за яких умов.

Результати досліджень свідчать про те, що кінцевий коефіцієнт вилучення газу під час запомповування неуглеводневих газів залежить від ступеня неоднорідності колектора як за товщиною, так і за площею, капілярних тисків на межі розділу двох фаз, щільності сітки нагнітальних свердловин та їхньої схеми розміщення на площі покладів.

Для вдосконалення наявних технологій розробки родовищ природних газів та підвищення кінцевого коефіцієнта вилучення газу шляхом запомповування діоксиду вуглецю в продуктивний поклад доцільно проводити додаткові дослідження з використанням інструментів гідродинамічного моделювання.

Постановка проблеми

Більшість родовищ вуглеводнів пристосована до водонапірних пластових систем. Коефіцієнти вилучення природного газу за водонапірного режиму становлять 70–85 %. Ураховуючи низький ступінь вилучення вуглеводнів, можна зробити висновок про те, що в процесі надходження пластової води в газонасичені горизонти защемлюються чималі об'єми природного газу [3–5, 9]. Зважаючи на гострий дефіцит вуглеводневої сировини в Україні, виникає необхідність у пошуку нових методів і технологій підвищення вуглеводневилучення з газових і газоконденсатних родовищ, для яких характерний водонапірний режим розробки. Для вдосконалення наявних технологій розробки родовищ вуглеводнів доцільно проводити додаткові дослідження, спрямовані на мінімізацію шкідливого впливу пластової води на процес видобування природного газу.

Виклад основного матеріалу

Для проведення комплексних досліджень з підвищення ступеня вилучення природного газу за водонапірного режиму та вдосконалення наявних технологій розробки родовищ використовували основні інструменти гідродинамічного моделювання Eclipse та Petrel компанії Schlumberger [14, 22].

Дослідження ефективності нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивні поклади з метою регулювання фронту руху пластової води виконано на основі синтетичної тривимірної моделі газоконденсатного покладу. Запаси газу тривимірної моделі газоконденсатного покладу становлять 800 млн м³, товщина пласта – 15,4 м, пластовий тиск – 35 МПа, пластова температура – 358 К, пористість становить 0,18, коефіцієнт абсолютної проникності – $8,65 \cdot 10^{-3}$ мкм², коефіцієнт газонасиченості – 0,8.

Для відтворення фізичних процесів, що мають місце в пласті, у разі нагнітання неуглеводневих газів використано композиційну PVT-модель [1–2].

Газоконденсатний поклад розробляється на виснаження з використанням п'яти видобувних свердловин, які експлуатують з дебітом газу 50 тис. м³/добу. Відстань між видобувними свердловинами становить 400 м.

Дослідження проведено для запомповування діоксиду вуглецю в продуктивний поклад з використанням 4, 6, 8, 12, 16 свердловин, які рівномірно розміщені на межі початкового газоводяного контакту. Приймальність нагнітальних свердловин дорівнює 50 тис. м³/добу.

На основі результатів моделювання здійснено аналіз основних технологічних показників розробки продуктивного покладу. Аналізуючи результати досліджень, потрібно звернути увагу на характер залежності динаміки пластового тиску в часі. Такий характер динаміки пластового тиску зумовлений відключенням видобувних свердловин у зв'язку з проривом діоксиду вуглецю або обводненням. Також істотний вплив на характер зміни пластового тиску має активність водонапірної системи. Завдяки надходженню пластової води в поклад відбувається часткова компенсація відборів вуглеводневої продукції.

Динаміку пластового тиску в часі під час запомповування діоксиду вуглецю в поклад для різної кількості нагнітальних свердловин наведено на рис. 1.

За результатами проведених досліджень встановлено, що збільшення щільності сітки нагнітальних свердловин з чотирьох до восьми одиниць на момент прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин не суттєво впливає на середній пластовий тиск у покладі, однак наступне збільшення кількості нагнітальних свердловин призводить до різкого збільшення пластового тиску.

Розрахунки величини пластового тиску на момент прориву діоксиду вуглецю у видобувні свердловини для різної кількості нагнітальних свердловин та під час розробки покладу на виснаження наведено на табл. 1.

Аналізуючи залежність часу прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин від кількості нагнітальних свердловин, можна зробити висновок про те, що збільшення щільності сітки нагнітальних свердловин з чотирьох до восьми свердловин призводить до збільшення часу прориву діоксиду вуглецю у видобувні свердловини із 44 до 47 місяців. Наступне ущільнення сітки нагнітальних свердловин з восьми до 16 свердловин призводить до різкого зменшення часу прориву із 47 до 34 місяців.

На підставі результатів моделювання визначено, що збільшення кількості нагнітальних свердловин призводить до зменшення накопиченого видобутку природного газу. Пояснюється отриманий результат моделювання розробки продуктивного покладу зменшенням тривалості періоду експлуатації видобувних свердловин до моменту прориву діоксиду вуглецю у свердловини в разі збільшення щільності сітки нагнітальних свердловин.

Динаміку накопиченого видобутку природного газу під час нагнітання діоксиду вуглецю для різної кількості нагнітальних свердловин наведено на рис. 2.

Аналізуючи основні технологічні показники розробки, варто зазначити обсяги видобутку пластової води залежно від щільності сітки нагнітальних свердловин у разі нагнітання діоксиду вуглецю на початковому газоводяному контакті. Згідно з отриманими результатами встановлено, що видобуток пластової води зі збільшенням кількості нагнітальних свердловин зменшується. У разі використання чотирьох свердловин для запомповування діоксиду вуглецю в продуктивний поклад накопичений видобуток пластової води становив 169,71 тис. м³. Зі збільшенням кількості нагнітальних свердловин до 16 одиниць накопичений видобуток води на кінець розробки покладів зменшується до 0,066 м³.

Динаміку накопиченого видобутку пластової води під час нагнітання діоксиду вуглецю для різної кількості нагнітальних свердловин наведено на рис. 3.

На основі аналізу основних технологічних показників розробки продуктивного покладу на виснаження та із запомповуванням діоксиду вуглецю встановлено, що впровадження технології нагнітання неуглеводневого газу на межі газоводяного контакту призводить до скорочення обсягів видобутку пластової води. Завдяки нагнітанням неуглевод-

невого газу створюється штучний бар'єр, який призводить до ефективного блокування пластової води.

За результатами моделювання здійснено розрахунок величини коефіцієнтів вилучення природного газу на момент прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин за величиною накопиченого видобутку пластової води. Розрахунки величини коефіцієнтів вилучення природного газу наведено в табл. 2.

Згідно з результатами статистичного опрацювання розрахункових даних визначено максимальне значення кількості нагнітальних свердловин для нагнітання діоксиду вуглецю в поклад. Максимальне значення кількості нагнітальних свердловин на момент прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин становить 6,41 (6) свердловин. Прогнозний коефіцієнт вилучення газу для наведеного оптимального значення кількості нагнітальних свердловин становить 63,52 %. У разі розробки газоконденсатного покладу на виснаження кінцевий коефіцієнт вилучення газу за цих умов становить 51,72 %.

Таблиця 1. Результати розрахунків величини пластового тиску на момент прориву діоксиду вуглецю у видобувні свердловини для різної кількості нагнітальних свердловин та при розробці покладу на виснаження

Кількість свердловин	Пластовий тиск, МПа	
	Виснаження	Нагнітання
4	29,37	29,87
6	29,20	29,90
8	29,02	29,93
12	29,73	30,78
16	30,20	31,56

Таблиця 2. Результати розрахунків коефіцієнтів вилучення природного газу на момент прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин від кількості нагнітальних свердловин

Кількість свердловин	Коефіцієнт вилучення природного газу, %
4	41,48
6	43,24
8	43,37
12	37,83
16	32,27

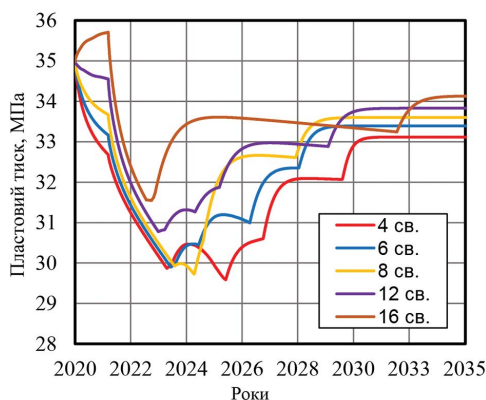


Рис. 1. Динаміка пластового тиску в часі при запомповуванні діоксиду вуглецю для різної кількості нагнітальних свердловин

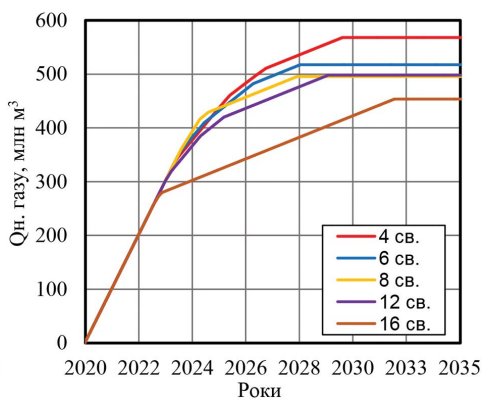


Рис. 2. Динаміка накопиченого видобутку природного газу під час нагнітання діоксиду вуглецю для різної кількості нагнітальних свердловин

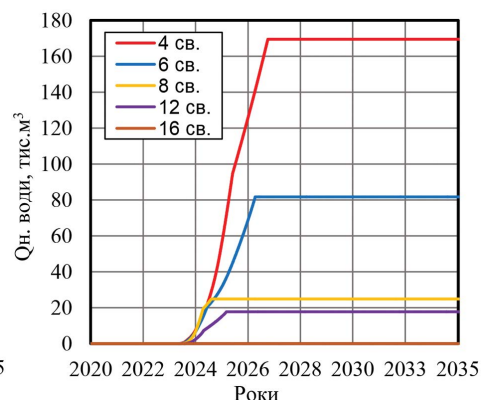


Рис. 3. Динаміка накопиченого видобутку пластової води для різної кількості нагнітальних свердловин під час нагнітання діоксиду вуглецю

Висновки

Використовуючи 3D-модель газоконденсатного покладу, проведено дослідження впливу щільності сітки нагнітальних свердловин на регулювання процесу обводнення шляхом нагнітання діоксиду вуглецю на межі початкового газоводяного контакту. Згідно з результатами моделювання в разі запомповування діоксиду вуглецю спостерігається сповільнення просування пластової води в газонасичені горизонти, що зумовлює більшу надійність видобувних можливостей продуктивного покладу.

На основі результатів проведених розрахунків визначено максимальне значення кількості нагнітальних свердловин на момент прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин, яке становить 6,41 (6) свердловин. Прогнозний ступінь вилучення газу для наведеного максимального значення кількості нагнітальних свердловин становить 64,05 %, а при розробці газоконденсатного покладу на виснаження – 51,72 %.

Результати проведених досліджень свідчать про технологічну ефективність запомповування діоксиду вуглецю на межі початкового газоводяного контакту для сповільнення просування пластової води в продуктивний поклад і збільшення кінцевого коефіцієнта вуглеводневилучення.

Практична реалізація систем оптимізації розробки газоконденсатних родовищ у широкому розумінні проблеми дасть змогу суттєво інтенсифікувати процес видобутку газу й конденсату та вийти на світовий рівень розв'язання поставленої проблеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурачок О. В., Першин Д. В., Матківський С. В., Бікман Є. С., Кондрат О. Р. Особливості відтворення рівняння стану газоконденсатних сумішей за умови обмеженої вхідної інформації//Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2020. – № 1 (74). – С. 82–88.
2. Бурачок О. В., Першин Д. В., Матківський С. В., Кондрат О. Р. Дослідження межі застосування PVT-моделі “чорної нафти” для моделювання газоконденсатних покладів//Мінеральні ресурси України. – 2020. – № 2. – С. 43–48.
3. Довідник з нафтогазової справи/В. С. Бойко, Р. М. Кондрат, Р. С. Яремійчук. – К.: Львів, 1996. – 620 с.
4. Кондрат О. Р. Підвищення газовилучення з газових родовищ при водонапірному режимі шляхом регулювання надходження пластової води і видобутку защемленого газу/О. Р. Кондрат, Р. М. Кондрат//Нафтогазова галузь України. – 2019. – № 4. – С. 21–26.
5. Кондрат Р. М. Активний вплив на процеси розробки родовищ природних газів з водонапірним режимом для збільшення газоконденсатовилучення//Наука та інновації. – 2005. – Т. 1. – № 5. – С. 12–23.
6. Матківський С. В., Кондрат О. Р. Вплив тривалості періоду нагнітання діоксиду вуглецю на газовилучення в умовах прояву водонапірного режиму//Тези V Міжнародної науково-практичної конференції. – Осло, Норвегія, 2020. – С. 25–27.
7. Матківський С. В., Кондрат О. Р. Підвищення вуглеводневилучення з обводнених газоконденсатних покладів шляхом нагнітання діоксиду вуглецю//Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 10th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua” Kharkiv, Ukraine. – 2020. – P. 96–101.
8. Матківський С. В., Кондрат О. Р., Хайдарова Л. І. та ін. Дослідження впливу незначного прояву водонапірної системи на достовірність матеріального балансу колекторів//Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2020. – № 2 (75). – С. 43–51.
9. Обводнення газових і нафтових свердловин/В. С. Бойко, Р. В. Бойко, Л. М. Кеба, О. В. Семінський. 1-е вид. – Київ: Міжнародна економічна фундація, 2006. – 791 с.
10. Тер-Саркисов Р. М. Разработка месторождений природных газов. – М.: Недра, 1999. – 659 с.
11. Тер-Саркисов Р. М. Технология закачки азота для добычи защемленного и низконапорного газа//Газовая промышленность. – 2006. – № 4. – С. 24–26.
12. Al-Hashami A., Ren S. R. and Tohid B.: CO2 Injection for Enhanced Gas Recovery and Geo-Storage Reservoir Simulation and Eco-

nomics, Institute of Petroleum Engineering, Herriot-Watt University, SPE 94129, SPE Europe/EAGE Annual Conference and Exhibition held in Madrid, Spain, 13–16 June, 2005. – P. 1–7.

13. Chierici G. L., Ciocco G. M., and Iong G. (1963). Experimental Research on Gas Saturation Behind the Water Front in Gas Reservoirs Subjected to Water Drive, Proc. Sixth World Pet. Cong., Frankfurt (1963) Sec IV Paper 17-PD6. 483–498. WPC-10134.

14. ECLIPSE. [2020]. ECLIPSE Technical Description. Version 2020.1 © Schlumberger, 2020. – 1078 p.

15. Enhanced Gas Recovery: Effect of Reservoir Heterogeneity on Gas-Gas Displacement. S. S. K. Sim, A. T. Turta, A. K. Singhal, B. F. Hawkins. Canadian International Petroleum Conference. 16–18 June. Calgary, Alberta, 2009.

16. Gamal M., Khairy M., El-Banbi A. H., Saad S. M.: An Approach for Determination of the Economically Optimal Production Controlling Parameters from Water Drive Oil Reservoirs, SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition, 25–28 April, Dammam, Saudi Arabia, 2016.

17. Geffen T. M., Parrish D. R., Haynes C. W., and Morse R. A. Efficiency of Gas Displacement from Porous Media by Liquid Flooding. Trans., AIME (1952) 195, 1952. – C. 29–38.

18. Kondrat O., Matkivskyi S. Research of the influence of the pattern arrangement of injection wells on the gas recovery factor when injecting carbon dioxide into reservoir. Technology and system of power supply. – 2020. – № 5/1 (55). – C. 1–17.

19. Kondrat O. R., Kondrat R. M. Investigation of regularities of trapped gas recovery processes from watered gas fields with homogeneous and macro heterogeneous reservoirs/Mining of mineral deposits, Taylor&Francis Group, London, UK, 2014. – P. 303–309.

20. Kryvulya S., Matkivskyi S., Kondrat O., Bikman Ye. Approval of the technology of carbon dioxide injection into the V-16 water driven reservoir of the Hadiach field (Ukraine) under the conditions of the water pressure mode. Technology and system of power supply. – 2020. – № 6/1 (56). – C. 13–18.

21. Mamora D. D. and Seo J. G. Enhanced Gas Recovery by Carbon Dioxide Sequestration in Depleted Gas Reservoirs, SPE Technical Conference and Exhibition, 29 Sept.–2 Oct. 2002, San Antonio, Texas. P. 1–9.

22. Petrel. Help. Version 2019.2. Mark of Schlumberger.

23. Sim S. S. K., Turta A. T., Singhal A. K. and Hawkins B. F. Enhanced Gas Recovery: Factors Affecting Gas-Gas Displacement Efficiency, Canada International petroleum Conference, June 17–19, Calgary, Alberta, Canada, 2008. – P. 1–14.

24. SPE 113468. Enhanced Gas Recovery and CO2 Sequestration by Injection of Exhaust Gases From Combustion of Bitumen. Steve S. K. Sim, Patrick Brunelle, Alex T. Turta and Ashok K. Singhal. SPE Symposium on Improved Oil Recovery. 20–23 April, Tulsa, Oklahoma, USA, 2008.

25. Turta A. T., Sim S. S. K., Singhal A. K. and Hawkin B. F. (2008). Basic Investigations on Enhanced Recovery by Gas – Gas Displacement, Journal of Canada Petroleum Technology, Volume 47, Number 10, Alberta, Canada, 2008. – P. 1–6.

REFERENCES:

1. Burachok O. V., Pershin D. V., Matkivskyi S. V., Bikman Ye. S., Kondrat O. R. Features of reproduction of the equation of state of gas condensate mixtures under the condition of limited input information// Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovychsh. – № 1 (74). – 2020. – P. 82–88. (In Ukrainian).
2. Burachok O. V., Pershin D. V., Matkivskyi S. V., Kondrat O. R. Investigation of the limits of application of PVT-model of “black oil” for modeling of gas condensate reservoirs//Mineralni resursy Ukrainy. – 2020. – № 2. – P. 43–48. (In Ukrainian).
3. Handbook of oil and gas/V. S. Boiko, R. M. Kondrat, R. S. Yaremichuk. – Kyiv: Lviv, 1996. – 620 p. (In Ukrainian).
4. Kondrat O. R., Kondrat R. M. Increase of gas recovery from gas fields under water drive by regulating the supply of contour formation water and production of trapped gas//Naftohazova haluz Ukrainy. – 2019. – № 4. – P. 21–26. (In Ukrainian).
5. Kondrat R. M. Active influence on the processes of development of natural gas fields with water drive to increase gas condensate recovery// Nauka ta innovatsii. – 2005. – Vol. 1. – № 5. – P. 12–23. (In Ukrainian).
6. Matkivskyi S. V., Kondrat O. R. Influence of the duration of the period of carbon dioxide injection on gas recovery in the conditions of manifestation of the water drive//Tezy V Mizhnarodnoi nauko-praktychnoi konferentsii. – Oslo, Norvehiia, 2020. – P. 25–27. (In Ukrainian).

7. *Matkivskiy S. V., Kondrat O. R.* Increase of hydrocarbon recovery from flooded gas condensate reservoirs by injection of carbon dioxide//Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 10th International scientific and practical conference. SOC "Sci-conf.com.ua". Kharkiv, Ukraine. 2020. – P. 96–101. (In Ukrainian).

8. *Matkivskiy S. V., Kondrat O. R., Khaidarova L. I.* and others. Investigation of the influence of insignificant manifestation of the water pressure system on the reliability of the material balance of reservoirs// Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch. – 2020. – № 2 (75). – P. 43–51. (In Ukrainian).

9. Flooding of gas and oil wells/V. S. Boiko, R. V. Boiko, L. M. Kebe, O. V. Seminskyi. 1st ed. – Kyiv: Mizhnarodna ekonomichna fundatsiia, 2006. – 791 p. (In Ukrainian).

10. *Ter-Sarkisov R. M.* Development of natural gas fields. – Moskva: Nedra, 1999. – 659 p. (In Russian).

11. *Ter-Sarkisov R. M.* 2006. Nitrogen injection technology for the production of trapped and low-pressure gas//Gazovaja promyshlennost. – 2006. – № 4. – P. 24–26. (In Russian).

12. *Al-Hashami A., Ren S. R. and Tohid B.*: CO₂ Injection for Enhanced Gas Recovery and Geo-Storage Reservoir Simulation and Economics, Institute of Petroleum Engineering, Herriot-Watt University, SPE 94129, SPE Europe/EAGE Annual Conference and Exhibition held in Madrid, Spain, 13–16 June, 2005. – P. 1–7.

13. *Chierici G. L., Ciocc G. M., and Iong G.* (1963). Experimental Research on Gas Saturation Behind the Water Front in Gas Reservoirs Subjected to Water Drive, Proc. Sixth World Pet. Cong., Frankfurt (1963) Sec IV Paper 17-PD6. 483-498. WPC-10134.

14. ECLIPSE. [2020]. ECLIPSE Technical Description. Version 2020.1 © Schlumberger, 2020. – 1078 p.

15. Enhanced Gas Recovery: Effect of Reservoir Heterogeneity on Gas-Gas Displacement. S. S. K. Sim, A. T. Turta, A. K. Singhal, B. F. Hawkins. Canadian International Petroleum Conference. 16–18 June. Calgary, Alberta. 2009.

16. *Gamal M., Khairy M., El-Banbi A. H., Saad S. M.*: An Approach for Determination of the Economically Optimal Production Controlling Parameters from Water Drive Oil Reservoirs, SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition, 25–28 April, Dammam, Saudi Arabia, 2016.

17. *Geffen T. M., Parrish D. R., Haynes C. W., and Morse R. A.* Efficiency of Gas Displacement from Porous Media by Liquid Flooding. Trans., AIME (1952) 195, 1952. – C. 29–38.

18. *Kondrat O., Matkivskiy S.* Research of the influence of the pattern arrangement of injection wells on the gas recovery factor when injecting carbon dioxide into reservoir. Technology and system of power supply. – 2020. № 5/1 (55). – C. 1–17.

19. *Kondrat O. R., Kondrat R. M.* Investigation of regularities of trapped gas recovery processes from watered gas fields with homogeneous and macro heterogeneous reservoirs/Mining of mineral deposits, Taylor & Francis Group, London, UK, 2014. – P. 303–309.

20. *Kryvulya S., Matkivskiy S., Kondrat O., Bikman Ye.* Approval of the technology of carbon dioxide injection into the V-16 water driven reservoir of the Hadiach field (Ukraine) under the conditions of the water pressure mode. Technology and system of power supply. – 2020. № 6/1 (56). – C. 13–18.

21. *Mamora D. D. and Seo J. G.* Enhanced Gas Recovery by Carbon Dioxide Sequestration in Depleted Gas Reservoirs, SPE Technical Conference and Exhibition, 29 Sept.–2 Oct. 2002, San Antonio, Texas. P. 1–9.

22. Petrel. Help. Version 2019.2. Mark of Schlumberger.

23. *Sim S. S. K., Turta A. T., Singhal A. K. and Hawkins B. F.* Enhanced Gas Recovery: Factors Affecting Gas-Gas Displacement Efficiency, Canada International petroleum Conference, June 17–19, Calgary, Alberta, Canada. 2008. – P. 1–14.

24. SPE 113468. Enhanced Gas Recovery and CO₂ Sequestration by Injection of Exhaust Gases From Combustion of Bitumen. Steve S. K. Sim, Patrick Brunelle, Alex T. Turta and Ashok K. Singhal. SPE Symposium on Improved Oil Recovery. 20–23 April, Tulsa, Oklahoma, USA. 2008.

25. *Turta A. T., Sim S. S. K., Singhal A. K. and Hawkin B. F.* (2008). Basic Investigations on Enhanced Recovery by Gas – Gas Displacement, Journal of Canada Petroleum Technology, Volume 47, Number 10, Alberta, Canada, 2008. – P. 1–6.

Рукопис отримано 8.02.2021.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

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

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, ураховуючи пропуски).

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 “Системы транслитерации 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. Бажаючи вказувати в назві організації її відомство за належністю.

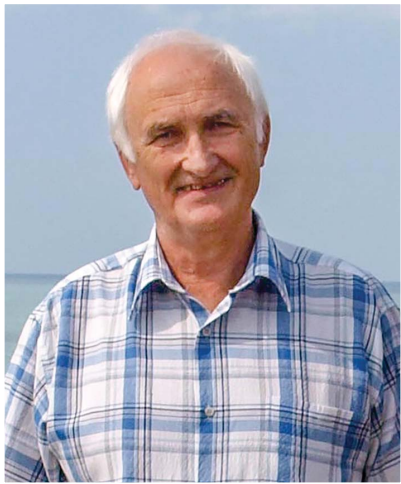
5. В аналітичній системі SCOPUS потрібні пристатейні списки використаної літератури латиницею. Можливості SCOPUS дають змогу проводити такі дослідження: за посиланнями оцінювати значення визнання робіт конкретних авторів, науковий рівень журналів, організацій і країн загалом, визначати актуальність наукових 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.



СВІТЛОЇ ПАМ'ЯТІ ГЕОРГІЯ ГРИГОРОВИЧА ЛЮТОГО

IN THE BLESSED MEMORY OF GEORGII LYUTYI

29 березня 2021 року перестало битися серце видатного українського вченого-гідрогеолога, кандидата геолого-мінералогічних наук **Георгія Григоровича Лютого**.

Георгій Григорович народився 5 жовтня 1937 р. у м. Каневі Черкаської області в родині службовців.

Увесь трудовий шлях Георгія Григоровича був пов'язаний з геологічною галуззю. У 1960 р. після закінчення геологічного факультету Київського державного університету імені Тараса Шевченка Г. Г. Лютий вирушив за направленням на роботу до Моршинської партії Львівської геологічної експедиції, де працював до 1976 р. на посадах від техника-гідрогеолога до головного гідрогеолога Львівської експедиції. Саме під час роботи в Західному регіоні України Г. Г. Лютий сформувався як фахівець-гідрогеолог найвищого рівня, знаний на теренах України та за кордоном.

З 1976 р. Г. Г. Лютий обіймав посаду головного гідрогеолога об'єднання "Північукргеологія", де за його методичного керівництва в 1976–1985 рр. підготовлено та захищено 27 звітів з пошуків і розвідки родовищ прісних і мінеральних підземних вод у ДКЗ СРСР і понад 110 звітів – у ТКЗ України.

У 1988 році Г. Г. Лютого призначили на посаду начальника відділу Південно-Західного відділу геологічного контролю Міністерства геології СРСР, з 1991 р. він очолював Главк, а згодом – управління Державного геологічного контролю Держгеолкому України (надалі – Державної геологічної служби), де він виконував функції нагляду та контролю за вирішенням завдань підприємствами галузі. Особливо пильної уваги Г. Г. Лютий

надавав новому актуальному напрямку робіт – еколого-геологічним дослідженням, які він започаткував в Україні і став одним із фундаторів їхньої методики.

Г. Г. Лютий був експертом ДКЗ України, провідним фахівцем з питань оцінки ресурсів і запасів підземних вод.

З 2001 р. Георгій Григорович працював в Українському державному геологорозвідувальному інституті на посаді завідувача сектору ресурсів і запасів підземних вод, згодом – провідного наукового співробітника відділу гідрогеологічних та еколого-геологічних досліджень. Багатогранна наукова діяльність Г. Г. Лютого охоплювала питання розроблення методики оцінки стану експлуатаційних запасів і прогнозних ресурсів питних підземних вод України, еколого-геологічного обґрунтування вибору ділянок надр для буріння розвідувально-експлуатаційних свердловин на воду в межах Українського щита, визначення джерел формування експлуатаційних запасів підземних вод, вивчення гідрогеологічних умов нафтогазових покладів ДДЗ і закономірностей гідрогеологічної інверсії. Г. Г. Лютий розробив понад 10 методичних інструкцій і рекомендацій щодо оцінки експлуатаційних запасів і прогнозних ресурсів питних підземних вод на території України і був офіційним куратором робіт з цих питань. Підсумком багаторічних наукових досліджень Георгія Григоровича стали сім монографій і понад 80 наукових публікацій.

Г. Г. Лютий був першовідкривачем провінції мінеральних вод типу "Нафтуся" в межах гідрогеологічної області Українського щита та Східницького родовища мінеральних вод, лауреатом Премії Ради Міністрів СРСР. Георгія Григоровича відзначено орденом Трудового Червоного Прапора, медаллю "За заслуги у розвідці надр" ім. В. І. Лучицького, пам'ятним знаком ім. Л. І. Лутугіна, знаком першовідкривача Східницького родовища мінеральних вод і Почесною грамотою Кабінету Міністрів України. За вагомих внесок у розвиток геологічної галузі йому присвоєне звання "Почесний розвідник надр".

Георгій Григорович прожив життя гідно й чесно, залишивши по собі плоди своїх добрих і потрібних справ. Людина унікальної ерудиції, він завжди знаходив оригінальні рішення складних наукових проблем.

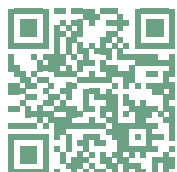
Ми пам'ятатимемо Георгія Григоровича не лише як авторитетного вченого, а і як добру, щирі й життєрадісну людину, до якої завжди можна було звернутися за порадою. Його вирізняли енциклопедичні знання, порядність, висока інтелігентність, толерантність, доброзичливість, любов до людей і Батьківщини.

Світла пам'ять про Георгія Григоровича Лютого, ученого і людину, назавжди залишиться в серцях усіх, хто його знав.

Нехай Господь дарує Георгію Григоровичу вічне життя в Царстві Небесному.

Друзі та колеги





mru-journal.com.ua



Завідувачка редакції — С. О. НЕКРАСОВА
Літературні редактори-коректори —
Р. В. КОРНІЄНКО, Я. І. ВОЗНІЮК
Технічні редактори — А. В. ВОЛКОГОН, І. О. НАГОРНИХ
Комп'ютерна верстка — Б. І. ВОЛИНЕЦЬ
Художній редактор — Б. І. ВОЛИНЕЦЬ

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 182 від 18.09.2000 р.
Здано до набору 25.01.2021
Підписано до друку 12.04.2021
Формат 60х90 1/8
Папір крейдовий
Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 6,5
Обл.-вид. арк. 9. Тираж 300 прим.
Зам. № 328

Адреса редакції та п/п: Київ-114, вул. Автозаводська, 78А
Тел. редакції: 206-35-18, 206-35-20
E-mail: press.ukrdgri@gmail.com
<https://mru-journal.com.ua>