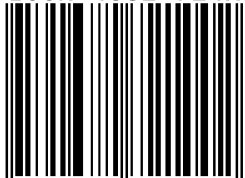


МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ MINERAL RESOURCES of UKRAINE УКРАЇНИ



ISSN 1682-721X



9 771682 721002



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC JOURNAL

3'2021

СПІВЗАСНОВНИКИ / CO-FOUNDERS
Державне підприємство “Українська геологічна компанія” /
State Enterprise “Ukrainian Geological Company”,
Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу / Ivano-Frankivsk National Technical University
of Oil and Gas

Зареєстровано в Державній реєстраційній службі України,
свідчення про державну реєстрацію
серія КВ № 24925-14865ПР від 2.08.2021 р.

Registered in the State Registration Service of Ukraine,
certificate of state registration
KV № 24925-14865PP dated 2.08.2021

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. Багрій / 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. Loktieva,
Н. Г. Люта / N. Lyuta, О. І. Ляшенко / O. Liashenko,
В. А. Михайлов / V. Mykhailov, О. В. Плотніков /
O. Plotnikov, О. М. Пономаренко / O. Ponomarenko,
Б. І. Слободян / B. Slobodian, 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 УкрГРІ
протокол № 2 від 19.08.2021 р.

Видавництво ДП “УГК”, свідоцтво про державну
реєстрацію № 7469 серія ДК від 5.10.2021 р.
02088, м. Київ, пров. Геофізиків, 10

Publisher SE “UGC”, Certificate of state
registration № 7469 series DK dated October 5, 2021
02088, Kyiv, Neofizyky Lane, 10

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 ICV2020: 90.67. У 2019 р. журнал унесено
в базу DOAJ, у 2020 р. – в EBSCO.



СУКАЧ В. В., БОБРОВ О. Б. / SUKACH V., BOBROV O.

Солонянське рудне поле – пріоритетний об'єкт
для старту промислового видобутку золота в Україні
Solone ore field – a priority target for the start of gold mining in Ukraine 3

ЗІНЧУК М. М. / ZINCHUK M.

Про характеристику алмазів з давніх осадових товщ крайових
частин платформ
About characteristics of diamonds from ancient sedimentary thick
layers of marginal parts of platforms 13

ЛЮТИЙ Г. Г., ЛЮТА Н. Г., САНИНА І. В. / LYUTYI G., LYUTA N., SANINA I.

Оцінка змін якості підземних вод водоносних горизонтів
Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну
Assessment of groundwater quality changes in the aquifers of the
Dniprovsko-Donetskyi artesian basin 20

СТЕФУРАК Р. І., ЯРЕМІЙЧУК Р. С. / STEFURAK R., YAREMIYCHUK R.

Історичні нариси буріння нафтових і газових свердловин –
від проекту до практики (погляд з минулого в майбутнє)
Historical aspects of drilling of oil and gas wells –
from project to practice (look from the past in the future) 24

МАТКІВСЬКИЙ С. В. / MATKIVSKIY S.

Регулювання процесу обводнення газоконденсатних покладів
шляхом циклічного нагнітання діоксиду вуглецю
Regulation of the water flooding process of gas condensate reservoirs
by cyclic injection of carbon dioxide 28

СУШКО Т. В. / SUSHKO T.

Особливості фацій рифів силурійського віку Волино-Поділля
Features of facies of reefs of the silurian age of Volyn-Podillia 33

ЩУР О. С. / SHCHUR O.

Морфологічні особливості залишково-карбонатних чорноземів
на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся
Morphological features of residual carbonate chernozems
on the eluvium of dense carbonate rocks of the Male Polissia 37

ШАТАЛОВ М. М. / SHATALOV M.

Патріарх української геології.
До 200-річчя професора К. М. Феоділактова
Patriarch of ukrainian geology.
200th anniversary of the professor K. M. Feofilaktov 43

УДК 553.411.071 (477)

 <https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.3-12>

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>,

О. Б. БОБРОВ, д-р геол. наук, професор, головний геолог (ABMAV Sub-Sahara (SL) Ltd), albobrov@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7338-3602>

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

O. BOBROV, Dr. Sci. (Geol.), Professor, Chief Geologist (ABMAV Sub-Sahara (SL) Ltd), albobrov@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7338-3602>

СОЛОНЯНСЬКЕ РУДНЕ ПОЛЕ – ПРІОРИТЕТНИЙ ОБ'ЄКТ ДЛЯ СТАРТУ ПРОМИСЛОВОГО ВИДОБУТКУ ЗОЛОТА В УКРАЇНІ

SOLONE ORE FIELD – A PRIORITY TARGET FOR THE START OF GOLD MINING IN UKRAINE

У статті подано стислий огляд головних золоторудних об'єктів України та зацентовано увагу на Солонянському рудному полі (СРП), яке розташоване у Середньопридніпровській субпровінції Українського щита (УЩ). На сьогодні в Україні відкрито 10 родовищ і понад 200 перспективних рудопоявів золота в межах металогенічних провінцій: Карпатсько-Кримської, Дніпровсько-Донецької та УЩ. Найбагатшою золотоносною провінцією є УЩ, ресурси якого оцінюються в не менш як 2400 т благородного металу. З них близько 1000 т зосереджені в межах СРП, де компактно розміщені золото-молібденові родовища Сергіївське та Балка Золота, а також рудопояви золота Аполлонівський, Східноаполлонівський, Новий, Тетянин, Дорожній, Розрахунковий, Центральний, Сонячний. З огляду на сукупність сприятливих геолого-економічних умов, як-от значні ресурси благородного металу, проста геологічна будова, чіткий контроль та особливості локалізації зруденіння, вигідне географо-економічне положення тощо, СРП має реальні передумови для початку промислового видобутку золота в близькій перспективі. У межах рудного поля першочерговим об'єктом для розробки вважається Сергіївське родовище.

Ключові слова: родовища золота в Україні, Сурська зеленокам'яна структура, Солонянське рудне поле, Сергіївське родовище, Балка Золота, поховані розсипи золота.

10 gold deposits and more than 200 occurrences have already been discovered in Ukraine. They are located within the Carpathian-Crimean, Dnipro-Donetsk and Ukrainian Shield metallogenic provinces. The richest gold-bearing province is the Ukrainian Shield (USH). Its gold resources are estimated at least 2,400 tons.

The main attention in the article is given to the Solone ore field (SOF), which is located within the Middle Dnipro subprovince of the USH province. Gold resources of SOF are about 1000 tons. We consider it is the most promising gold field for development, on the basis of next key factors: 1) gold mineralization is localized in high mineralized early Precambrian greenstone formations. Its analogue is the Porcupine gold field in Canada; 2) simple geological structure with a clear ore-caused and ore-control role of subvolcanic acidic rocks; 3) two medium-scale gold-molybdenum deposits, Serhiivka and Balka Zolota, have already been discovered, as well as Apollonivka, East-Apollonivka, Novyi, Tetyana's, Dorozhnyi, Rozrakhunkoviy, Central, Soniachnyi gold ore occurrences; 4) localization in the industrially developed Dnipro region, which includes world-class deposits of iron (Kryvyi Rih basin) and manganese (Nikopol basin), as well as deposits of national level – titanium, aluminum, etc.; 5) Serhiivka and Balka Zolota deposits are complex gold-molybdenum deposits. In addition, molybdenite contains a high content of Re and Os, which can be extracted as very expensive components; 6) buried alluvial gold placers are known in the Paleogene rocks of the sedimentary cover above primary ore deposits.

In view of these favorable geological and economic circumstances, SOF has real prerequisites for the start of gold mining in the near future. Serhiivka deposit is the high priority target for development within the Solone ore field.

Keywords: gold deposits in Ukraine, Sura greenstone structure, Solone ore field, Serhiivka deposit, Balka Zolota, buried gold placers.

Вступ. Поклади золота в Україні розроблялися з давніх-давен. Із загальних джерел відомо, що найстаріші гірничі виробки, яким приблизно 2500 років, було виявлено на Донбасі, на Березівському й Журавському золото-поліметалічних рудопоявах. Давні штольні, розсички, шурфи епохи Римської імперії знайдено також у Карпатах і на Закарпатті, де золото видобувалося, ймовірно, разом з поліметалами. Тривав видобуток і впродовж XII–XVII століть. Зокрема, за часів Османської імперії на Закарпатті, як свідчать уривчасті дані, було видобуто й вивезено 20 т золота. У новітні часи, за невідданими відомостями, 1893 року на ділянці Гострий Бугор у Нагольному кряжі в шахті завглибшки 70 м було видобуто 8,5 кг самородного золота.

На сьогодні в Україні відкрито 10 родовищ і понад 200 перспективних рудопоявів золота [2, 7, 12]. Вони розміщуються в межах трьох металогенічних провінцій, як-от Карпатсько-Кримська, Дніпровсько-Донецька і УЩ (рис. 1). Загальні ре-

сурси золота нині за різними оцінками становлять понад 3000 т. У Карпатсько-Кримській та Дніпровсько-Донецькій провінціях прогнозується по 300–400 т, а близько 2400 т припадає на УЩ, де поклади золота було виявлено лише в другій половині XX ст.

Як бачимо, УЩ – найбагатша золотоносна провінція України, хоча тривалий час його вважали безперспективним на благородний метал. Вперше самородне золото в архей-протерозойських метаморфічних породах УЩ виявила наприкінці 60-х років XX сторіччя Н. М. Гаєва та ін. [8]. Відтак спеціалізовані пошуки благородного металу розгорнулися майже на всій території УЩ. Це дало змогу наприкінці XX ст. відкрити цілу низку родовищ (Майське, Клинівське, Юр'ївське, Сергіївське, Балка Золота, Балка Широка, Сурозьке), десятки рудопоявів і сотні пунктів мінералізації та порушити питання щодо створення власної золотодобувної галузі промисловості [13]. Два з перелічених родовищ, Сергіївське та Балка Золота [6, 21], розміщуються в межах СРП [9, 15–17] на півдні Сурської зеленокам'яної структури (ЗКС) або поясу. Загальний ресурсний потенціал СРП становить близько 1000 т.



Рис. 1. Родовища золота: 1 – Мужіївське, 2 – Сауляк, 3 – Майське, 4 – Клинцівське, 5 – Юр'ївське, 6 – Балка Широка, 7 – Балка Золота, 8 – Сергіївське, 9 – Сурозьке, 10 – Бобриківське. Використано матеріали ДНВП «Геоінформ України» <https://geoinf.kiev.ua>

Мета статті. Робота присвячена стислому огляду головних золоторудних об'єктів України з акцентуванням на Солонянському рудному полі, що розглядається як найперспективніше серед інших завдяки значним ресурсам золота, простій геологічній будові, чіткому контролю та особливостям локалізації зруденіння, вигідному географо-економічному положенню тощо. З огляду на всю сукупність сприятливих умов СРП має реальні перспективи для початку промислового видобутку золота в близькому майбутньому.

1. Загальний стан проблеми. Попри великий золоторудний потенціал України, жодне з родовищ не розробляється. Головна причина, на наш погляд, криється в недостатніх державних і приватних капіталовкладеннях, потрібних для довивчення та розвідки хоча б одного-двох найперспективніших об'єктів. Зазвичай вітчизняні та іноземні компанії, які планували (і планують) видобуток золота в Україні, сподівалися критично мінімальним коштом виконати розвідку і в стислі терміни вийти на промисловий видобуток. Зокрема, в середині 90-х років ХХ сторіччя державна акціонерна компанія «Укрзолото» і Ashurst Resources International витратили 1,8 млн доларів США на геологорозвідувальні роботи з вивчення п'яти родовищ, якот Сергіївське, Клинцівське і Юр'ївське, Балка Золота

та Балка Широка. Отримані дані загалом підтвердили заявлені ресурси золота, але наявні капіталовкладення були явно недостатніми для завершення розвідки й початку видобутку. Тож, не отримавши швидкого й дешевого результату, ці та інші компанії йшли з ринку або припиняли діяльність.

Важливо зазначити, що в період найбільшої активізації робіт на родовищах України наприкінці ХХ ст. ринкова ціна трійської унції золота не перевищувала 300 доларів США. Тепер (станом на серпень 2021 р.) вона стабілізувалася на рівні 1750–1800 доларів США.

З огляду на таку сприятливу економічну кон'юнктуру, золоторудні родовища України сьогодні можуть стати вельми привабливими й рентабельними об'єктами для інвестицій, зокрема, з боку таких гірничодобувних компаній, як Newmont Goldcorp, Barrick Gold, AngloGold Ashanti та інших світових лідерів з видобутку золота.

Далі наведемо стислий огляд золотоносності території України та розглянемо головні золоторудні об'єкти країни.

2. Провінція Український щит. У межах УЩ [7, 12] виокремлюються п'ять металогенічних субпровінцій: Волинська, Подільська, Кіровоградська, Середньопридніпровська, Приазовська. На території Подільської субпровінції знаходиться родовище Майське, Кіровоградської – Клинцівське та Юр'ївське, Середньопридніпровської – Балка Широка і СРП з родовищами Сергіївське та Балка Золота, на території Приазовської – Сурозьке родовище (рис. 2).

Середньопридніпровська субпровінція охоплює територію однойменної граніт-зеленокам'яної області (ГЗО)

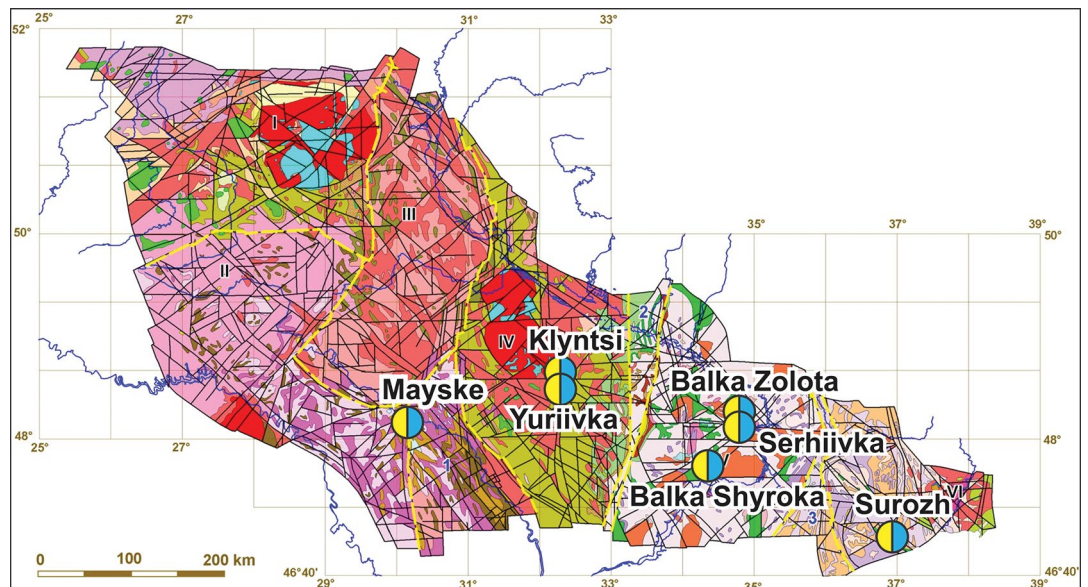


Рис. 2. Схема розміщення родовищ золота на схематичній геологічній карті Українського щита (Пояснювальна записка до «Кореляційної хроностратиграфічної схеми УЩ»; 2004)

архейського віку (рис. 3) і має найбільший золоторудний потенціал серед інших субпровінцій [2, 10, 12–14]. За геолого-металогенічними ознаками вона цілковито відповідає високопродуктивним на золото світовим аналогам: ГЗО (провінціям) Канади, Австралії, Південної Африки. Руди золота виявлені в більшості зеленокам'яних структур регіону, серед яких центральне місце займає Сурська ЗКС. Саме в її південній частині розміщується СРП [15–17]. Великі перспективи має також Чортомлицька ЗКС, де виявлено родовище Балка Широка й десятки рудопроявів. Високоперспективною, але менш вивченою є Верхівцівська ЗКС. Приазов'я також належить до розряду ГЗО, але мінералізація золота тут менш розвинена. Потенційно промислові поклади золота виявлено тільки в Сорокинській ЗКС – Сурозьке родовище.

2.1 Солонянське рудне поле розміщується в Солонянському районі Дніпропетровської області. Воно охоплює південну частину Сурської ЗКС (рис. 4, 5), де компактно розміщуються золоторудні (з молібденом) родовища Сергіївське та Балка Золота [6, 19], а також рудопрояви Аполлонівський, Східноаполлонівський, Сонячний, Новий, Тетянин, Дорожній, Розрахунковий, Центральний, більш як 20 пунктів мінералізації та понад 150 геохімічних аномалій золота [15]. Загальна площа СРП становить близько 90 км².

СРП має порівняно просту геологічну будову [21]. Воно складене двома метаморфізованими, контрастними за складом вулканоплутонічними асоціаціями (ВПА) мезоархею:

– ранньою (3,2–3,0 млрд років) аполлонівсько-сергіївською згідно з працею [18] або нижньою метатоліт-габро-ді-

абазовою ВПА за працею [3] (вулканогенна парagenерация КТ-1 метаконатит-толейтової формації та комагматична її перша фаза метагабро-діабазової плутонічної формації). Це метаморфізовані магматичні породи здебільшого основного складу (~ 70 % площі СРП), які представлені потоками метабазальтів і дайкоподібними інтрузивами та силами метагабро-долеритів;

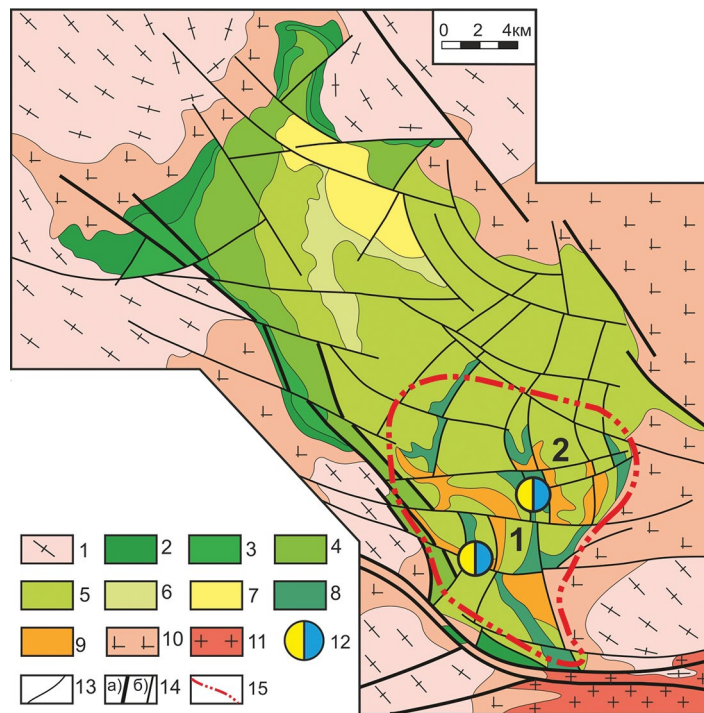


Рис. 4. Геологічна карта Сурської ЗКС

1 – мігматити, 2 – амфіболіти, 3 – метаконатити, 4 – метабазальти, метаосадки, метаконатити, залістисті кварцити (BIF); 5 – метабазальти, 6 – метаконатити, метабазальти; 7 – магнетитові базальти, метатифіти; 8 – метагабродолерити, 9 – метадацити, метаріодацити; 10 – плагіограніти, 11 – граніти, 12 – родовища золота: 1 – Сергіївське і 2 – Балка Золота; 13 – геологічні границі, 14 – розломи: а) головні, б) локальні; 15 – межа Солонянського рудного поля



Рис. 5. Геологічна карта Солонянського рудного поля

Золото-молібденові родовища: 1 – Сергіївське, 2 – Балка Золота. Рудопрояви золота: 3 – Аполлонівський, 4 – Східноаполлонівський, 5 – Південнопетрівський, 6 – Сонячний, 7 – Новий, 8 – Розрахунковий, 9 – Центральний, 10 – Дорожній, 11 – Тетянин

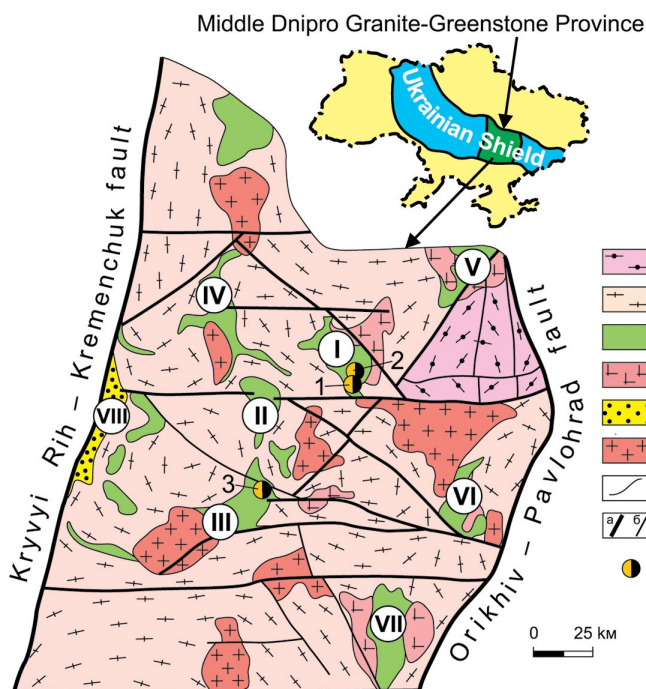


Рис. 3. Середньодніпровська граніт-зеленокам'яна область (провінція)

1 – плагіомігматити з останцями гранулітів, 2 – плагіомігматити з ксенолітами амфіболітів, 3 – зеленокам'яні утворення, 4 – плагіограніти, 5 – метавулканогенно-осадкові породи Криворізької структури, 6 – двопольовошпатові граніти, 7 – геологічні границі, 8 – розломи: а) регіональні та головні, б) другорядні; 9 – родовища: 1 – Сергіївське, 2 – Балка Золота, 3 – Балка Широка

Зеленокам'яні структури (поєси) і родовища золота: I – Сурська (Сергіївське і Балка Золота), II – Софіївська, III – Чортомлицька (Балка Широка), IV – Верхівцівська, V – Дерезуватська, VI – Конкська, VII – Білозерська, VIII – Криворізька (Кривбас)

– пізньою (2,9–3,0 млрд років) солонянсько-сурською або метаріодацит-плагіогранітною ВПА за працями [3–5] (вулканогенна метаріодацитова і комагматична й плутонічна тоналіт-плагіогранітова формації), що складає ~ 30% площі СРП. Вона представлена порфіровими метаморфізованими ріодацитами, дацитами, тоналіт-порфірами і порфіроподібними тоналітами у вигляді субвулканічних тіл і дайок, зрідка штоків і невеликих масивів.

Породи кислого складу пізньої ВПА проривають метабази́ти ранньої ВПА, а щодо зруденіння золота вони є рудоконтролювальними та рудогенерувальними [3–5, 15–18]. Важливо зазначити, що метаріодацит-плагіогранітна ВПА з огляду на її структуротвірне та металогенічне значення відіграє важливу, унікальну роль не лише для Сурської ЗКС зокрема, а й для Середньопридніпровської ГЗО загалом. Адже ділянки поширення цієї ВПА в межах практично кожної ЗКС характеризуються появою складчастих форм високих порядків, комбінацією складчасто-розривних деформацій із синхронним проявом рудно-метасоматичних перетворень під впливом насичених газми флюїдних систем. Саме завдяки термально-метасоматичним процесам здійснювалося як первинне відкладення, так і ремобілізація рудних компонентів, їхнє переміщення, перерозподіл та збагачення. Внаслідок цього в ЗКС сформувалася ціла низка золоторудних родовищ (Сергіївське, Балка Золота, Балка Широка) і рудопроявів (Гвардійський, Вільнохутірський та ін.) [20]. Що стосується СРП, то ареал розвитку утворень пізньої ВПА чітко окреслює площу розвитку золоторудної мінералізації та власне визначає геологічні межі рудного поля [15, 16].

На поверхні кристалічних порід розвинена площинна кора вивітрювання потужністю від 30 до 80 м. Її перекривають осадові відклади палеогенової, неогенової і четвертинної систем (суглинки, глини, піски) потужністю 10–50 м.

2.1.1 Сергіївське золото-молібденове родовище [2, 19, 21] розміщується в південній частині СРП. Зруденіння золота приурочено до субвулканічного тіла метадацитів пізньої ВПА (рис. 6), яке контролюється зоною субширотного розлому й ортогональною січею основні породи ранньої ВПА. Продуктивна мінералізація

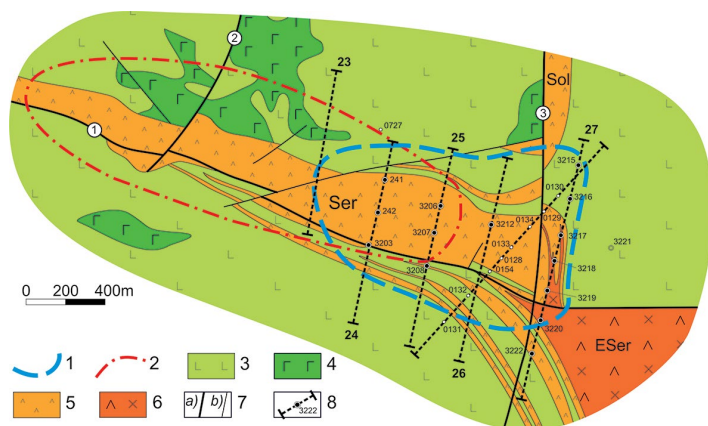


Рис. 6. Геологічна карта Сергіївського золото-молібденового родовища

Ареали розвитку мінералізації: 1 – молібдену (синій контур), 2 – золота (червоний контур). Рання ВПА: 3 – метабазальти, 4 – метагабро-долерити, метагабро; пізня ВПА: 5 – метадацити, метаріодацити, 6 – тоналіт-порфіри, порфіроподібні тоналіти; 7 – розломи (а) і геологічні границі (б); 8 – профілі буріння, свердловини та їхні номери. Цифри в кружках – головні розломи: 1 – Північносергіївський, 2 – Центральносергіївський, 3 – Східносергіївський. Пізня ВПА: Сергіївське (Ser) і Солонянське (Sol) субвулканічні тіла метадацитів, метаріодацитів; Східносергіївський (ESer) масив тоналіт-порфірів, порфіроподібних тоналітів

локалізується зазвичай у базитах, частково – у кислих породах. Рудні тіла розміщуються переважно в інтенсивно розсланцьованих, метасоматично змінених породах. Навколорудні зміни представлені середньо-низькотемпературними метасоматитами кислотного вилугування з калієвою спеціалізацією.

Виокремлюються три речовинно-морфологічні типи золоторудних тіл:

1) зони прожилково-вкрапленої сульфідної мінералізації. Вміст сульфідів (пірит, піротин, халькопірит, сфалерит, галеніт, арсенопірит) варіює від 1 % до 40 %. Потужність зон у роздувах досягає 10 м і більше;

2) кварц-карбонатні, карбонат-кварцові й амфібол-кварц-карбонатні жили та лінзи потужністю до 5 м і до 100 м за протяганням. Уміст сульфідів становить 3–5 %. Золото концентрується в зальбандах та екзоконтактах жильних утворень;

3) найпоширеніший випадок, коли жили й лінзи 2-го типу містяться в зонах 1-го типу. Найпоширеніші різновиди золотих руд показано на рис. 7.

Всього на родовищі оконтурено 23 рудні тіла із середнім умістом золота 7,6 г/т. Вони мають потужність 2 м, за протяганням сягають до 100 м, а за падінням – 250–350 м. Рудні тіла продовжуються за здійсненням у корі вивітрювання, по-

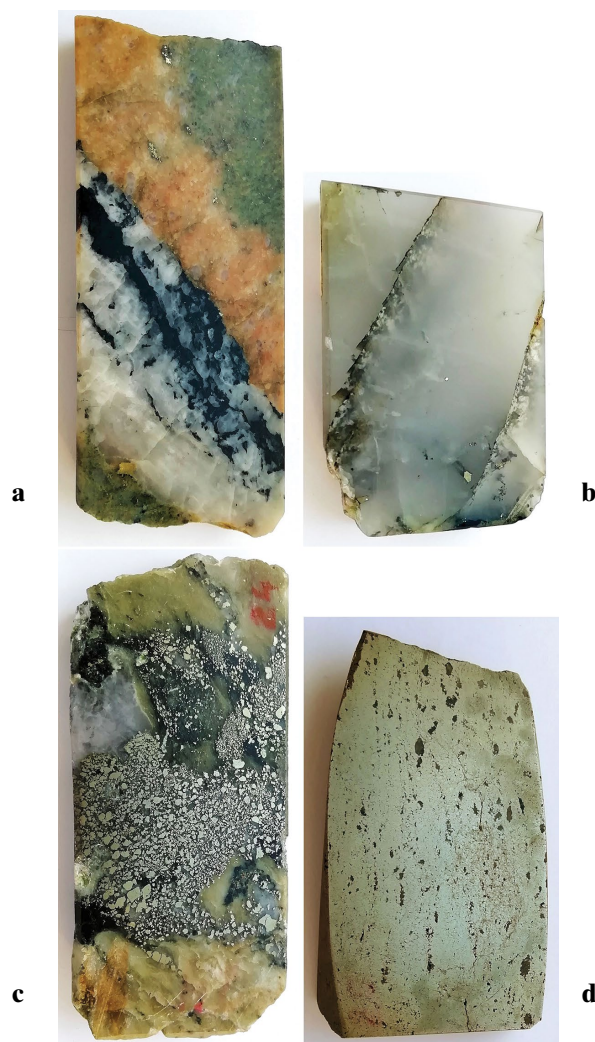


Рис. 7. Зразки типових руд золота Сергіївського родовища: а – біотит-карбонатно-кварцова жила в альбітизованих метабазальтах; б – золото-кварцова жила з низьким умістом сульфідів (1–3 %); в – кварц-сульфідна жила в метаріодацитах; г – суцільна сульфідна руда

тужність якої становить 20–60 м. З глибиною вміст золота в рудах залишається стабільним. Самородне золото (рис. 8) переважно високопробне – до 930. За даними мінералогічних і технологічних досліджень руд основний обсяг золота (85–90 %) знаходиться у вільному стані.

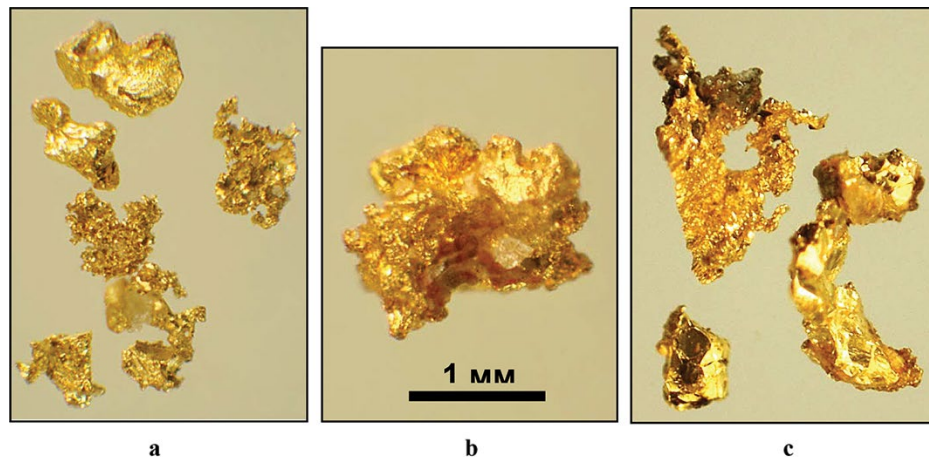


Рис. 8. Самородне золото Сергіївського родовища:
а, б – сверд. 3210, гл. 91,3–94,8 м; с – технологічна проба № 11

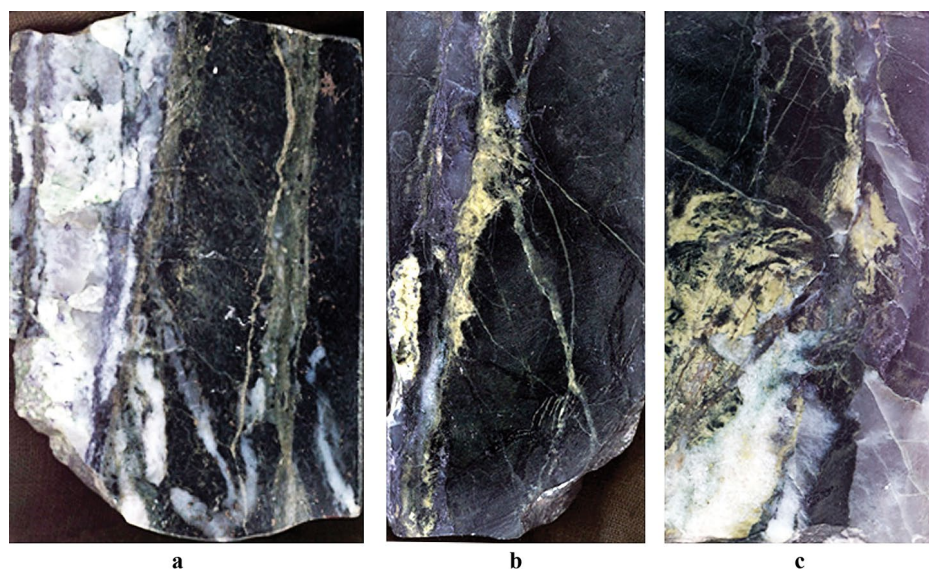
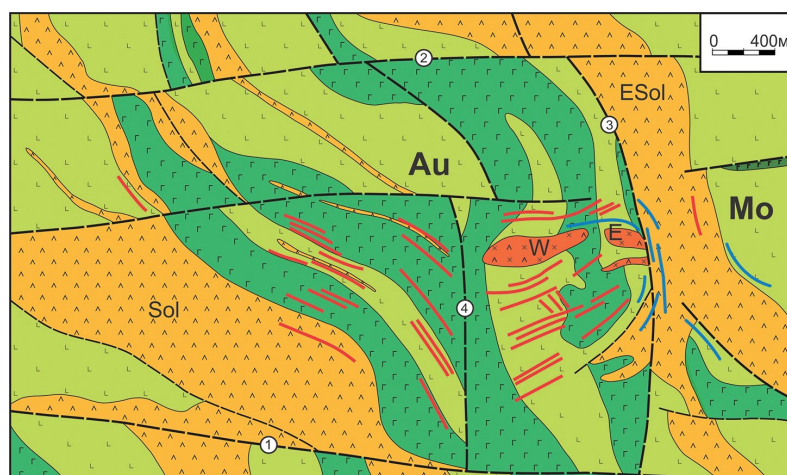


Рис. 9. Молибденові руди східного флангу Сергіївського родовища:
а – карбонатно-кварцова жила з молибденітом у метабазальті (сверд. 3213, гл. – 3175 м),
б – кварцовий прожилок з піритом, молибденітом у метабазальті (сверд. 3213, гл. 264 м),
с – молибденіт, кварц, карбонат, пірит у метабазальті (сверд. 3213, гл. 266,8 м)



На східному фланзі родовища золоте зруденіння поступово змінюється молибденовим лінійно-штоковеркового типу. Це хаотична мережа малопотужних кварцових, карбонат-кварцових прожилків з лінзочками і вкрапленістю сульфідів (2–5 %) та молибденіту. Молибденіт локалізується в

розсланцьованих і метасоматично змінених метадацитах, метаріодацитах, тоналіт-порфірах, а також метабазитах і їхніх ксенолітах у кислих породах (рис. 9). Виявлено та оконтурено 20 прожилково-вкраплених рудних зон потужністю до 100–150 м. Бортовий уміст молибдену для рудних зон становить 0,01 %, а для рудних тіл, які виокремлюються в їхніх межах, – 0,05 %. Крім цього, у молибденіті діагностовано підвищений уміст ренію (від 93,8 до 229,5 г/т) та осмію (від 0,8 до 277,77 г/т).

За нашими даними запаси й ресурси золота в центральній частині Сергіївського родовища становлять не менш як 50 т. Ресурси молибдену в східній частині родовища оцінюють у 63 тис. т за середнього вмісту 0,023 %, ресурси золота – у 32 т (Л. О. Рязанцева та ін., 2004). На родовищі здійснено бурову розвідку. Для старту експлуатації потрібна дорозвідка підземними гірничими виробками.

2.1.2 Золото-молибденове родовище Балка Золота [6, 21] розміщується в центральній частині СРП на відстані приблизно 4,5 км північніше від Сергіївського родовища. Геологічну будову родовища як складової частини СРП також визначають дві мезоархейські ВПА: рання аполлонівсько-сергіївська (потoki метабазальтів, дайкоподібні тіла метагабро-долеритів) і пізня солонянсько-сурська (субвулканічні порфірові метадацити, тоналіт-порфіри, порфіроподібні тоналіти, фельзитоподібні породи).

Золоте зруденіння (рис. 10) просторово локалізується в зоні розміром 2,5×1,2 км, що утворена накладанням екзоконтактів Солонянського та Східносолонянського субвулканічних тіл пізньої ВПА. Рудовмісні структури – це мінералізовані зони в розсланцьованих метабазальтах і метагабродолеритах. У межах мінералізованих зон золоторудні тіла виокремлюються за максимальним скупченням жильно-прожилкового матеріалу та помірним розвитком сульфідів. Рудні тіла представлені трьо-

Рис. 10. Геологічна карта золото-молибденового родовища Балка Золота

Рудні тіла золота позначені червоним кольором, молибдену – синім. Цифри в колах – номери розломів: 1 – Південносолонянський, 2 – Солонянський, 3 – Золотобалківський, 4 – Центральнозолотобалківський. Пізня ВПА: Sol – Солонянське та ESol – Східносолонянські субвулканічні тіла метадацитів, метаріодацитів; W – Західний і E – Східний штики порфіроподібних тоналітів. Інші умовні позначення див. на рис. 6

ма речовинно-морфологічними типами: 1) кварц-карбонатні жили й лінзи; 2) зони прожилково-вкрапленої мінералізації; 3) штокверк. Всього виявлено близько 70 рудних тіл середньою потужністю 1,6 м за варіацій від 0,1 до 19,3 м із середнім умістом золота 6,4 г/т. Сульфідів в рудах наявні в кількості 1–5 %.

Мінералізація молібдену, як і на Сергіївському родовищі, прилягає до східного флангу власне золоторудного об'єкта. Молібденіт локалізується в березитизованих кислих породах пізньої ВПА і пропілітізованих основних метавулканітах ранньої ВПА. Рудоносні зони насичені прожилками кварцового, пірит-анкерит-кварцового, карбонат-кварцового складу. Самородне золото (рис. 11) за морфологією і складом аналогічне золоту Сергіївського родовища.

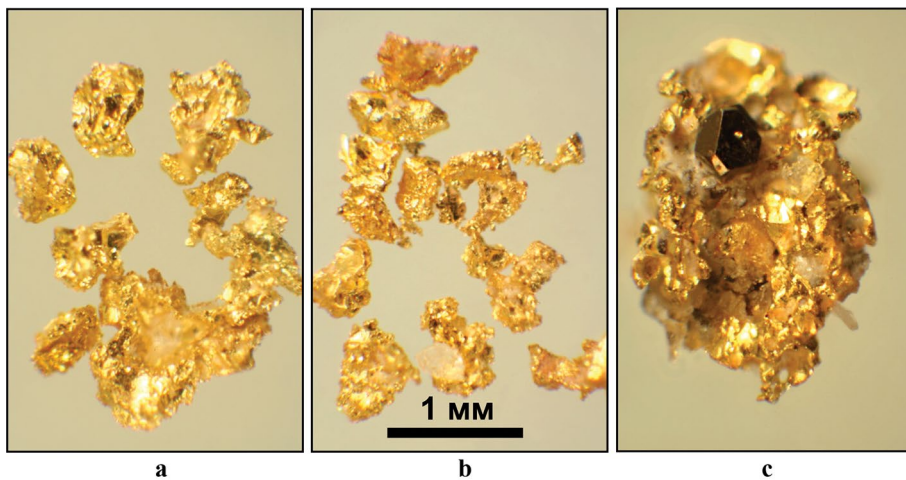


Рис. 11. Самородне золото родовища Балка Золота: а, б – сверд. 971, гл. 58,8–60 м; с – вкраплення кристала магнетиту в золоті, сверд. 544, гл. 72 м

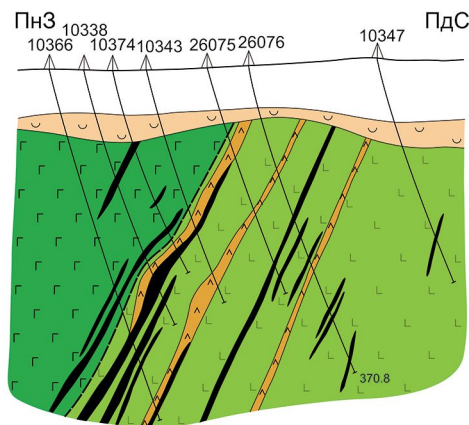
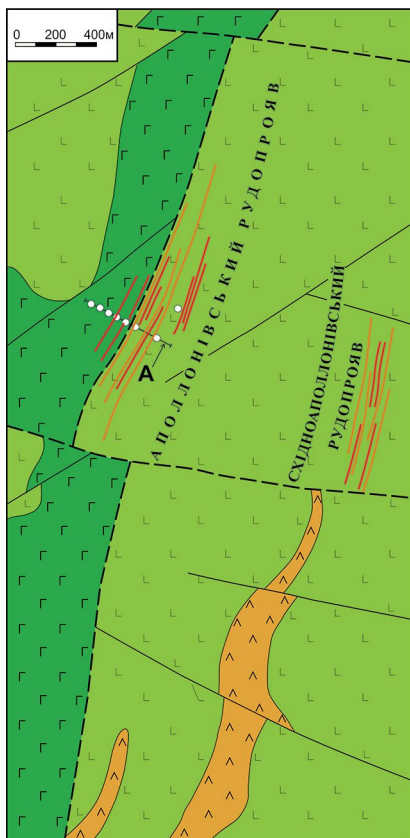


Рис. 12. Геологічна карта і розріз рудопроярів золота Аполлонівський і Східноаполлонівський
Умовні позначення див. на рис. 6, 10

Родовище Балка Золота, порівнюючи із Сергіївським, вивчене менше й умовно перебуває на пошуково-оцінювальній стадії геологорозвідувальних робіт. Прогнозні ресурси золота становлять 67,5 т, молібдену – 43 тис. т за середнього вмісту 0,022 % (Л. О. Рязанцева та ін., 2004).

Зазначимо, що на захід від Балки Золотої виокремлюється перспективна Новоселівська площа, де прогнозується виявлення середнього за масштабами родовища, аналогічного Сергіївському й Балці Золотій.

2.1.3 Рудопроярв Аполлонівський і Східноаполлонівський розміщуються в північній частині СРП на відстані 2 км один від одного. Обидва об'єкти локалізуються в субмеридіональних тектонічних зонах. Приурочені до серії дайок метадацитів пізньої ВПА потужністю від 1–3 м до 27 м (рис. 12), що інтродують ранню ВПА субзгідно до витягнених інтрузій метагбро-долеритів [15–17].

Мінералізація Аполлонівського рудопроярв приурочена до зони субмеридіонального розлому й контролюється трьома дайками метадацитів. Зруденіння локалізується в розсланцьованих, березитизованих метадацитах, зрідка – у сульфідизованих і карбонатизованих метагбро-долеритах і метабазальтах. Рудні тіла характеризуються розвитком кварцових і карбонат-кварцових прожилків, зрідка лінзованих жил. На рудопроярві виявлено 11 рудних тіл: середня потужність – 1,9 м, середній уміст золота – 4,6 г/т. Зазначимо, що вміст сульфідів у рудах (пірит, піротин) високий та іноді сягає 65 %.

Східноаполлонівський рудопроярв пов'язаний із субмеридіональними малопотужними (3–12 м) дайками дацитів і фельзитоподібних порід, що вкорінилися узгоджено з простяганням потоків метабазальтів і метадолеритів ранньої ВПА. Золоторудна мінералізація тяжіє до інтенсивно змінених сульфідизованих (пірит, піротин) порід з кварц-карбонатними прожилками. На відміну від Аполлонівського рудопроярв, сумарний уміст сульфідів дещо нижчий і становить 10–30 %. На рудопроярві розкриті чотири рудні тіла із середньою потужністю 1,2 м і середнім умістом золота 4 г/т.

2.1.4 Рудопроярв Розрахункий (рис. 13) локалізується в центральній частині СРП, на захід від родовища Балка Золота. Золоте зруденіння розміщується в метадацитах пізньої ВПА [15, 17], що утворюють витягнуте, овалоподібне субвулканічне тіло, яке ідентифікується як нек. Він прориває потоки базальтів ранньої ВПА, що містять поодинокі прошарки метатувітів і метатувітів.

Рудні тіла представлені окремими кварцовими жилами потужністю до 1,7 м або їхніми серіями. Одиначними свердловинами виявлено вісім рудних тіл, потужність яких досягає 1,7 м, а вміст золота варіює від 1 г/т до 25,2 г/т.

2.1.5 Поховані розсини в осадовому чохлах. У межах СРП, крім корінного зруде-

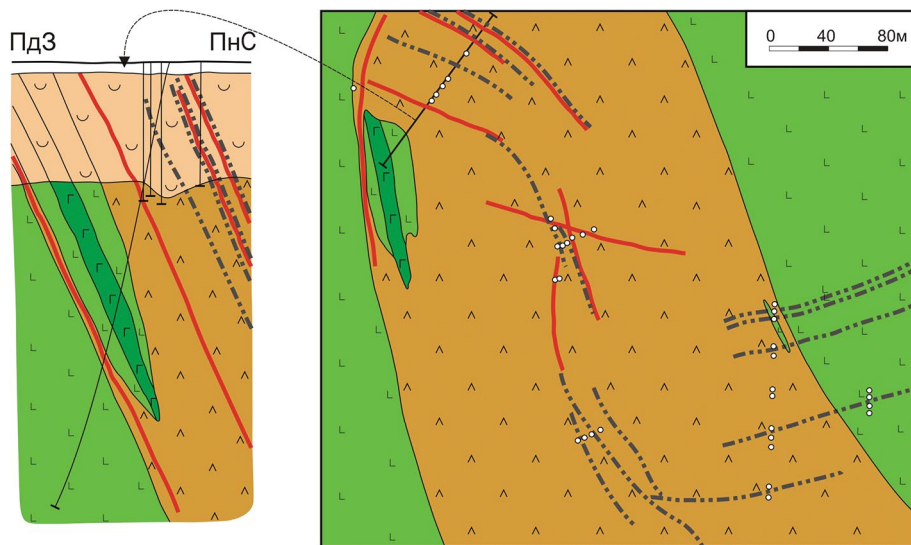


Рис. 13. Геологічна карта і розріз рудопояву золота Розрахунковий
Умовні позначення див. на рис. 6, 10

ніння, широкий розвиток мають розсипні концентрації золота в осадовому чохла. Вони приурочені до похованих палеогенових алювіальних відкладів палеогену бучацької серії. Виявлено два потенційно промислові розсипи: Дніпровський і Сергіївський [15]. Вони розміщуються в зоні ближнього знесення корінних родовищ Балка Золота та Сергіївське відповідно.

Дніпровський розсип залягає над західним флангом корінного родовища Балка Золота (рис. 14). У плані контури розсипу чітко підпорядковуються конфігурації похованої річкової долини. Розсип має витягнену звивисту, стрічкоподібну форму з поступовим розширенням вниз за течією давньої річки. В межах розсипу виявляються збагачені самородним золотом “струмені” та “гнізда”. Один з найвивченіших і найбагатших золотоносних “струменів” має довжину 1100 м, ширину 17 м і середній уміст золота – 10,02 г/м³. Кількість золота в цьому “струмені” оцінюється в понад 200 кг, а ресурси металу загалом у Дніпровському розсипі становлять 1,2 т. Потужність продуктивного горизонту варіює від 0,2 до 5,4 м. Глибина залягання розсипу на різних відрізках палеодолини неоднакова й змінюється від 37 до 81 м.

Сергіївський розсип розміщується над південним флангом корінного родовища Сергіївське. Самородне золото кон-

центрується в русловій фації невеликого палеогенового водотоку, що належить до тієї самої річкової системи, що й палеодолина Дніпровського розсипу. Продуктивний горизонт залягає на глибині 57 м, його потужність становить 2,4 м, а вміст золота – 14,16 г/м³. Зазначимо, що ступінь вивченості Сергіївського похованого розсипу набагато поступається Дніпровському, де в 90-х роках XX сторіччя виконувалися спеціалізовані пошуки та дослідно-методичні роботи з підземного видобутку золота методом гідротранспорту керна буровим комплексом КГК-100.

2.2 Родовище Балка Широка розміщується в північно-східній частині Чортомлицької ЗКС [2]. Адміністративно – це Нікопольський район Дніпропетровської області.

У геологічній будові родовища беруть участь типові зеленокам'яні утворення: метавулканіти основного, ультраосновного, кислого, зрідка середнього складу з прошарками метавулканогенно-осадових порід і залістистих кварцитів. Мінералізація приурочена до зон дроблення, тріщинуватості, розвитку кварцових, кварц-карбонатних, кварц-карбонат-сульфідних прожилків. Характерним є також розвиток метасоматитів лиственіт-березитового типу. Мінералізовані зони мають пластувату морфологію (потужність 7–30 м), залягають субвертикально, узгоджено з умісними породами та простежуються на глибину до 800 м, а за простяганням – на 3500 м. Зруденіння контролюються поперечними розломами, флексурами типу “кінського хвоста”.

Виокремлюються три основні мінеральні типи руд:

- 1) золото-сульфідно-залістистий у залістистих кварцитах. Залістисті кварцити є золотоносними, якщо поєднані з внутрішніми зонами лиственітів і представлені кварц-сульфідною брекчією з магнетитом;
- 2) золотополіметалічний зі сріблом у сланцево-базитовій пащі. Вміст срібла досягає 430 г/т;
- 3) золото-кварцовий малосульфідний в ультрабазитах.

Середній уміст золота в рудних тілах становить 5,3 г/т. Потужність рудних перетинів варіює від 0,5 до 3–4 м. Ресурси золота оцінюються в понад 36 т.

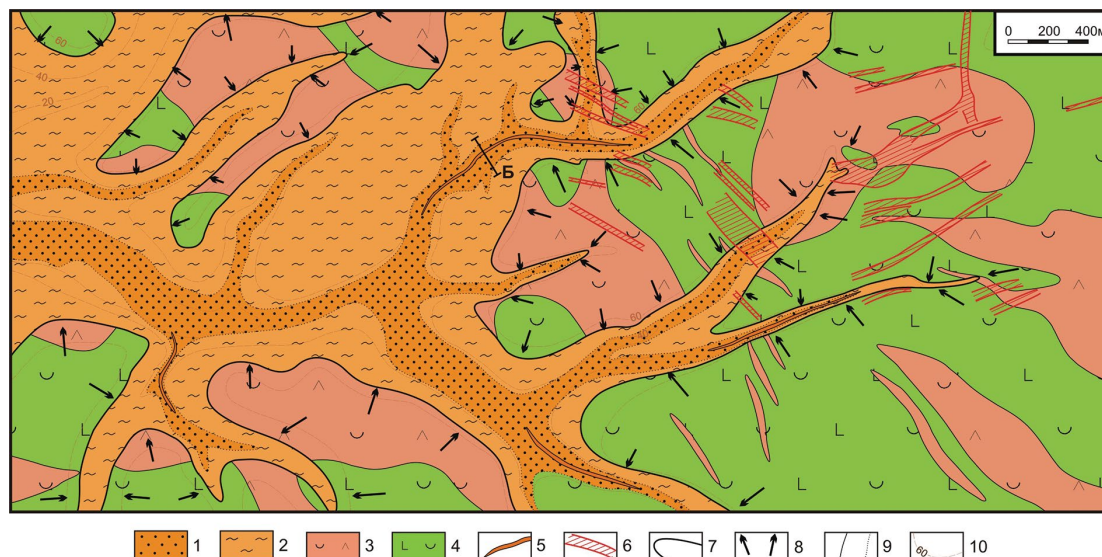


Рис. 14. Геологічна карта похованого Дніпровського розсипу золота над корінним родовищем Балка Золота

1 – золотоносна руслова фація (пісок, галька, валуни, глина), 2 – долинна фація (глина, вугілля, каолін); кора вивітрювання по: 3 – основних і 4 – кислих породах, 5 – збагачені золотом “струмені”; 6 – золоторудні зони в корінних породах, 7 – контур палеогенових відкладів бучацької серії, 8 – напрямок знесення продуктів денудації корінних порід, 9 – геологічні та літолого-фаціальні границі, 10 – ізолінії поверхні кристалічних порід

У середині 90-х років ХХ сторіччя на родовищі було розпочато розвідку й проходження вертикального шахтного стовбура, який сягнув глибини майже 170 м. Наразі всі гірничі виробки перебувають на “мокрій консервації”, тобто затоплені.

2.3 Сурозьке родовище – головний золоторудний об’єкт Приазовської субпровінції УЩ. Воно розміщується в Бердянському районі Запорізької області. Золоторудна мінералізація локалізована в Сорокинській ЗКС [1], на перетині розломів північно-західного й північно-східного простягання. Рудовмісна зеленокам’яна асоціація – це залістисті кварцити, метабазальти, метакоматіти, метаріодацити й сланці (метаосадові породи).

Рудоносні зони й рудні тіла представлені пластовими тілами окварцованих й сульфідизованих метасоматитів у катаклазованих, брекчійованих сланцях, амфіболітах, магнетитових кварцитах [1, 2, 11, 12]. Вони узгоджено залягають з умісними породами, часто приурочені до контактів порід різного складу. Зрідка трапляються рудні кварцові жили потужністю до 1,2 м з умістом золота понад 18,2 г/т. У прожилково-вкраплених зонах із сульфідною мінералізацією вміст нижчий і становить 1,0–7,8 г/т.

Родовище розвідане свердловинами, а в місцях виходу на денну поверхню – канавами й траншеями. Ресурси золота разом з розвіданими запасами становлять приблизно 11 т із середнім умістом 4,7 г/т.

2.4 Родовище Майське [2, 12, 21] розміщується в Савранському районі Одеської області, а в металогенічному плані – у межах Савранського рудного поля Подільської субпровінції УЩ. Умісні породи представлені архей-протерозойськими нашарованими утвореннями: біотитовими плагіогнейсами, амфібол-біотитовими кристалосланцями, амфіболітами з прошарками метасульфидів, інколи кальцифірів, графітових і графітумісних кристалосланців. Товщу перелічених вище стратифікованих порід проривають протерозойські гранітоїдні масиви. Родовище приурочене до зони ендоконтактів Південного й Північного масивів апліт-пегматоїдних лейкократових гранітів. Зруденіння локалізується в межах флексуроподібного ускладнення північно-східного крила Савранської синкліналі. Широко орієнтованим розломом із субвертикальним положенням зміщує родовище умовно поділяється на дві частини: північну й південну.

Зруденіння представлено стрімкоспадними рудними зонами загальною протяжністю до 2,9 км і потужністю 100–250 м. На родовищі виокремлено й вивчено до глибини понад 500 м дві головні золотоносні зони: Північну й Південну.

Рудні тіла представлені метасоматитами кварц-біотит-олігоклазового складу [2] потужністю від 1 до 18 м і вмістом золота в середньому 5,6 г/т. Руди характеризуються низьким умістом сульфідів – 1–5 %, що представлені переважно піритом і піритом, зрідка пентландитом, марказитом, халькопіритом, арсенопіритом, льолінгітом та ін. Ресурси золота оцінюються в 40 т із середнім його вмістом 5,6 г/т. Потужність осадового чохла, який перекидає докембрійську утворення, становить 60–120 м.

На Майському родовищі в 90-х роках ХХ сторіччя було пройдено шахтний стовбур завглибшки приблизно 200 м (проектна глибина 420 м) і приблизно 250 м горизонтальних виробок. У 1998 р. розвідувальні роботи через брак фінансування було зупинено й на сьогодні гірничі виробки перебувають на “мокрій консервації”.

2.5 Родовища Клиніцьке та Юр’ївське [12] розміщуються в Кіровоградській субпровінції УЩ, південніше м. Кропивницький. Вони приурочені до східного екзоконтакту Новоукраїнського гранітоїдного плутону. Зруденіння кон-

тролюється меридіональним розломом і локалізується в гнейсах (метатеригенних породах) палеопротерозою.

Родовище Клиніцьке представлено двома золотоносними зонами субмеридіонального простягання, завширшки 70–100 м і завдовжки 2,3–5,7 км. Основний потенціал родовища пов’язується з рудною зоною, розміщеною східніше. Вона трасується процесами окварцовання, амфіболізації, біотитизації гнейсів, укривленістю й тонкими прожилками сульфідів, обсяг яких становить 1–3 %: переважно арсенопірит і льолінгіт, а також піритин, пірит, халькопірит. У межах східної зони виокремлюється шість золото-кварцових рудних тіл потужністю 1–5 м, протяжністю до сотень метрів.

На родовищі в 90-х роках ХХ сторіччя пройдено два пошукові шурфи завглибшки 40 м і горизонтальні підземні розвідувальні виробки на одному з горизонтів. Розвідувальні роботи припинили через брак фінансування. Нині зусиллями ТОВ “Ліра майн мінералз” відновлено геологорозвідувальні роботи на родовищі, відкачано воду, проведено технологічне опробування головних рудних перетинів. За наявними оцінками ресурси золота становлять приблизно 47 т (зокрема й запаси понад 7 т) із середнім умістом 4,3–5,5 г/т.

Юр’ївське родовище [12] розміщене в межах одного з урановорудних полів. У структурному плані воно має блокову будову, що зумовлена перетином розривних тектонічних порушень субширотного й північно-західного простягання. Виокремлюються три блоки: Південний, Центральний і Північний.

Золоторудна мінералізація приурочена до лінійних зон окварцовання протяжністю 400–1600 м і потужністю 5–17 м. Бурінням виявлено 17 віялоподібних рудних зон, що розкриваються догори. Вони представлені тектонічно переробленими вмісними породами, які зазнали калій-кремнієвих гідротермально-метасоматичних змін і розвитку сульфідної мінералізації (до 3–5 %). У межах мінералізованих зон локалізуються рудні тіла завдовжки 50–400 м, потужністю 0,2–4 м і з умістом золота 2,8–3,9 г/т.

На Юр’ївському родовищі проведено загальні геолого-оцінювальні та інженерно-геологічні роботи для визначення місця закладення стовбура шахти. Ресурси золота становлять приблизно 12 т.

3. Карпатсько-Кримська провінція є складовою частиною Середземноморського альпійського золотоносного поясу, для якого характерна золото-срібна металогенічна спеціалізація. Власне золотоносною є Карпатська субпровінція, що розміщується в крайній західній частині України й охоплює як власне Карпати, так і Закарпаття. У її межах відомі родовища Мужіївське і Сауляк [12].

Мужіївське родовище розміщується в Берегівському районі Закарпатської області. Воно локалізоване в бортовій частині вулканічної палеокальдери, складеної міоценовими туфами й туфітами з прошарками аргілітів, які прориваються інтрузіями ріолітів. Рудні тіла залягають на глибині 60–150 м.

Промислову цінність родовища визначають два типи руд: власне золоті й комплексні золото-поліметалічні зі сріблом. Ближче до поверхні залягають переважно золоті руди, представлені прожилково-вкрапленими, штокверковими покладами. З глибиною вони поступово переходять в стрімкоспадні кварцові й адуляр-кварцові золото-поліметалічні жили. Золото в рудах міститься як у вільному, так і тонкодисперсному стані в сульфідах (у золото-поліметалічних рудах). Уміст золота в рудах змінюється в межах 4,5–15 г/т. Ресурси й запаси золота разом оцінюються в 55 т. Крім золота, у рудах містяться Ag – 90 г/т, Pb – 2,1 %, Zn – 5,04 %.

Родовище було розвідано й підготовлено до експлуатації ще в 50-х роках ХХ сторіччя. Видобувати золото почали в 1999 р. в складних економічних умовах після розпаду СРСР і в період формування незалежної України. Вже у 2006 р. роботу гірничозбагачувальної фабрики було визнано нерентабельною. Загальна кількість видобутого металу становила менш як 1 т (за неофіційними джерелами 840 кг). На сьогодні роботи на родовищі відновила компанія Avellana Gold. Окрім Мужіївського родовища, компанія дістала ліцензії на геологічне вивчення й розробку в межах Берегівського та Квасівського рудоносних полів.

Родовище Сауляк розміщується в Рахівському районі Закарпатської області біля с. Ділове. Зруденіння приурочене до шар'яжно-насувної зони, представленої тектонічним меланжем і вапнисто-сланцевою олістостромою. Потужність зони варіює від 20 м до 80 м. Породний комплекс родовища вміщує протерозой-палеозойські вуглисті сланці, кварцити, біотит-хлорит-серицитові сланці, розвинені по них діафторити й філоніти; карбонатні породи, що залягають у вигляді горизонту потужністю 10–16 м.

Зруденіння розвинене вище й нижче карбонатного горизонту, власне карбонатні породи є безрудними. Мінералізація золота представлена кварцовими й кварц-карбонатними жилами та прожилками в сланцях і тектонітах. Потужність рудних тіл становить 0,4–6,8 м. За простяганням вони простежуються на 320 м, за падінням – на 260 м. Середній уміст золота в рудних тілах становить 5–10 г/т, срібла – до 30 г/т.

Родовище розвідане канавами, свердловинами колонкового буріння й підземними гірничими виробками. Запаси золота становлять 8,8 т, ресурси – 34 т.

4. Дніпровсько-Донецька провінція. Мінералізація золота розвинена в межах Донецької субпровінції, розміщеної в крайній східній частині України [12]. У геологічному плані субпровінція охоплює палеозойську складчасту споруду – Нагольний криж.

Бобриківське родовище розміщується на території Антрацитівського району Луганської області, що з 2014 р. перебуває під російською окупацією. Родовище приурочене до південного крила Бобриківської брахіантикліналі, складеної чорними карбоновими аргілітами з прошарками пісковиків і алевритів (чорносланцева формація).

Комплексне золото-срібне зі свинцем зруденіння локалізується в зонах тріщинуватості субширотних і діагональних розломів. Воно представлене кварц-анкерит-сульфідними жилами й прожилками (штокверк) і розсіяною золото-сульфідною вкрапленістю в гідротермально змінених умисних породах. Головні сульфідні мінерали: пірит, галеніт, сфалерит. Потужність рудних тіл становить від 7 до 25 м. Виявлено чотири головні рудні тіла, що супроводжуються кількома дрібнішими тілами. На глибину 30–50 м з поверхні поширені окиснені руди. Вміст золота в рудах варіює від 2 до 12 г/т, срібла – 12–188 г/т, і свинцю – 0,7–5,7 %.

Бобриківське родовище перебуває на стадії розвідки. На глибину 32 м запаси золота в окиснених рудах становлять приблизно 12 т. Планується його відпрацювання кар'єрним способом.

Обговорення та висновки. Україна, безумовно, має потужний золоторудний потенціал, що підтверджується наявністю не менш як десяти перспективних родовищ. Вони перебувають на різних стадіях вивченості, та лише родовища Карпатської субпровінції (Мужіївське, Сауляк), а також Суразьке родовище Приазовської провінції пройшли стадію розвідки. Водночас головні перспективи пов'язуються із зеленокам'я-

ними структурами (поясами) субпровінції Середнього Придніпров'я провінції УЩ, де відкриті родовища, типові для аналогічних, промислово освоєних докембрійських регіонів світу.

За винятком Мужіївського епітермального родовища, всі інші належать до високоперспективного орогенного типу, зокрема й Бобриківське, локалізоване в чорносланцевій формації.

На наш погляд, найбільшої уваги за ресурсним потенціалом заслуговує Солонянське рудне поле. Сприятливими чинниками для залучення інвестицій та активізації геолого-розвідувальних робіт у його межах є такі:

1. Зруденіння золота локалізується у високопродуктивних на золото ранньодокембрійських зеленокам'яних утвореннях. Його загальноновизнаним аналогом є рудне поле Порк'юпайн у Канаді.

2. Порівняно проста геологічна будова за чіткої рудогенерувальної і рудоконтролювальної ролі субвулканічних утворень метаріодацит-плагіогранітної аполонівсько-сергіївської ВПА, що прориває метатоліт-габро-діабазову солонянсько-сурську ВПА.

3. Виявлено два середні за масштабом родовища Сергіївське і Балка Золота, вісім перспективних рудопроїв і понад 150 пунктів мінералізації і геохімічних аномалій золота.

4. СРП розміщується в промислово розвиненій Дніпропетровській області, яка містить світового масштабу родовища заліза (Криворізький басейн) і мангану (Нікопольський басейн), а також родовища національного рівня – титану, алюмінію та інших корисних копалин.

5. Родовища Сергіївське і Балка Золота є комплексними золото-молібденовими. Крім того, у молібденіті виявлено високий уміст Re і Os, які можна попутно вилучати як вельми дорогі компоненти.

6. У палеогенових відкладах осадового чохла (нижня частина бучацької серії) над корінними родовищами виявлені поховані алювіальні розсипи золота. На додаток до цього, у вуглистих піщано-глинистих породах верхньої частини розрізу бучацької світи локалізовані потенційно промислові концентрації урану.

Основні несприятливі чинники – забруднення довкілля. Передусім це стосується чорноземів і підземних вод. Істотний негативний вплив на економічні показники має також факт залягання руди на глибині від 30 до 100 м, що більшою мірою передбачає дорогий підземний спосіб видобутку.

У межах СРП першочерговим об'єктом для розвитку є Сергіївське родовище. Зазначимо, що більшість фахівців розглядає його як найперспективніше загалом в Україні. Серед переваг Сергіївського родовища такі:

1. Порівняно проста геологічна будова: рудні тіла розміщуються субпаралельно до екзоконтактів Сергіївського дайкоподібного субвулканічного тіла метаріодацит-плагіогранітної солонянсько-сурської ВПА.

2. Наявність густої мережі розвідувальних свердловин, пробурених у центральній частині родовища, де зосереджені вже оцінені 10 т запасів благородного металу.

3. Середній уміст золота в рудах становить 7 г/т і більше, а робоча потужність рудних тіл – 2 м.

4. На східному фланзі родовища розвинене зруденіння молібдену, представлене молібденітом, у якому виявлено високий уміст ренію й осмію.

5. Корінне зруденіння перекрите потужною корою вивітрювання й палеогеновими відкладами бучацької серії, які вміщують чималі ресурси легкозбагачуваного алювіального й алювіального золота.

Як бачимо, Солонянське рудне поле — одне з найперспективніших, добре вивчених і забезпечених великими ресурсами золота, а також важливими супутніми корисними копалинами. Ми переконані, що успішним стартом для його освоєння і загалом для початку промислового видобутку золота в Україні стане розробка Сергіївського золото-молібденового родовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобров О. Б., Сиворонов А. О., Гурський Д. С., Лисенко О. А. Геологічна будова та золотоносність Сорокинської зеленокам'яної структури (Західне Приазов'я). — Д.: Арт-Прес: Техпечать, 2000. — 146 с.
2. Бобров О. Б., Сиворонов А. О., Гурський Д. С., Павлунь М. М., Ляхов Ю. В. Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України. — К.: УкрДГРІ, 2004. — 367 с.
3. Бобров А. Б. Вулкано-плутонические ассоциации зеленокаменных поясов Украинского щита (формации, палеовулканологические реконструкции, металлогения). Автореферат дис. ... доктора геол.-мин. наук. — Львов, 1994. — 40 с.
4. Бобров А. Б. Метаморфизованная риодацитовая формация зеленокаменных поясов Украинского щита. Статья 2. Палеовулканические реконструкции, металлогения//Геол. журн. — 1993. — № 5. — С. 47–58.
5. Бобров А. Б. Метариодацитовая формация зеленокаменных поясов Украинского щита. Статья 1. Состав, строение и возраст//Геол. журнал. — 1993. — № 1. — С. 23–32.
6. Бобров А. Б., Сукач В. В., Малих М. М., Цыма М. Т., Монахов В. С., Абдельхак Е. А., Маслянка Т. Б. Геология и структура золоторудного месторождения Балка Золотая (Среднее Приднепровье)//Відомості АГН України. — 1997. — № 4. — С. 67–74.
7. Галецький Л. С., Чернієнко Н. М., Брагин Ю. М. та ін. Атлас "Геологія і корисні копалини України"/Під ред. Л. С. Галецького. — Київ: УІЦПТ "Геос — XXI століття", 2001. — 168 с.
8. Гаєв І. А., Гаєва Н. М., Лебедь Г. Т. Проявления золота в докембрийских осадочно-вулканогенных породах Среднего Приднепровья//Геол. журнал. — 1970. — № 4. — С. 126–131.
9. Ковальчук М. С., Сукач В. В. Просторово-парагенетична, полігенно-поліхронна золоторудна система Солонянського рудного поля//Тектоніка і стратиграфія — 2018. — № 45 — С. 123–132.
10. Лазько Е. М., Сиворонов А. А., Гурський Д. С., Бобров А. Б. Металлогения архея. — Львов: ЗУКЦ, 2005. — 158 с.
11. Лисенко О. А. Фактори рудолокалізації, морфологія і внутрішня будова золоторудних тіл Суразького родовища//Збірник наукових праць УкрДГРІ. — 2008. — № 4. — С. 50–62.
12. Металічні і неметалічні корисні копалини України: у 2 т. — Т. 1: Металічні корисні копалини. — Київ-Львів: Центр Європи, 2006. — 785 с.
13. 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.
14. Сиворонов А. А. Формации и происхождение нижнедокембрийских зеленокаменных комплексов Восточно-Европейской платформы//Автореф. дис. ... докт. геол.-минерал. наук. — М., 1987. — 38 с.
15. Сукач В. В. Геологічна будова та золотоносність Солонянського рудного поля (Сурська структура, Середнє Придніпров'я). Автореф. дис. ... канд. геол. наук. — Львів: ЛНУ, 2002. — 17 с.
16. Сукач В. В. Геолого-структурні обставини локалізації зруденіння золота Солонянського рудного поля (Сурська зеленокам'яна структура, Середнє Придніпров'я)//Геохронологія та рудоносність докембрію і фанерозою: зб. тез наук. конференції. — К., 2015. — С. 116–117.
17. Сукач В. В., Ісаков Л. В., Цыма М. Т. Типізація золоторудних об'єктів Солонянського рудного поля//Науковий вісник НГУ. — 2005. — № 9. — С. 10–15.
18. Сукач В. В., Некряч А. І., Бобров О. Б. та ін. Речовинний склад та стратиграфічне положення золотовміщуючої аполлонівсько-сергіївської вулкано-плутонічної асоціації (Середнє Придніпров'я, Український щит)//Геологія і магматизм докембрію Українського щита. — К., 2000. — С. 112–115.
19. Сукач В. В., Рязанцева Л. О. Комплексні золото-молібденові родовища та рудопрояви в зеленокам'яних поясах Середнього Придніпров'я Українського щита//Мінеральні ресурси України. — 2018. — № 2. — С. 3–9.
20. Bobrov A. Greenstone belt metallogeny view of ore-forming role of rhyodacite-trondjemite volcanic-plutonic association, Ukrainian Shield//8-th IAGOD Symposium. August 12–18. — 1990. — Ottawa, Canada.
21. Bobrov O. B., Gurskiy D. S., Krasnozhan M. D. et al. Main types of rock complexes and mineral deposits in the Ukrainian Shield. Geological excursion guidebook. — Kyiv: Geographica, 2002. — 166 p.

REFERENCES

1. Bobrov O. B., Sivoronov A. O., Hurskiy D. S., Lysenko O. A. Geological structure and gold-bearing of Soroki greenstine structure (West Azov region). — Donetsk: Art-Press: Techpechat, 2000. — 146 p. (In Ukrainian).
2. Bobrov O. B., Sivoronov A. O., Hurskiy D. S., Pavlun M. M., Liakhov Yu. V. Geological and genetic typification of gold deposits in Ukraine. — Kyiv: UkrDHRI, 2004. — 367 p. (In Ukrainian).
3. Bobrov A. B. Volcano-plutonic associations of greenstone belts of the Ukrainian Shield (formations, paleovolcanological reconstructions, metallogeny). Abstract dis. ... Dr. Sci. (Geol. & Mineral.). — Lvov, 1994. — 40 p. (In Russian).
4. Bobrov A. B. Metamorphized rhyodacitic formation of greenstone belts of the Ukrainian Shield. Article 2. Paleovolcanic reconstruction, metallogeny//Geol. zhurn. — 1993. — № 5. — P. 47–58. (In Russian).
5. Bobrov A. B. Metarhyodacitic formation of greenstone belts of the Ukrainian Shield. Article 1. Composition, structure and age//Geol. zhurn. — 1993. — № 1. — P. 23–32. (In Russian).
6. Bobrov A. B., Sukach V. V., Malyh M. M., Cyma M. T., Monahov V. S., Abdelhak E. A., Maslyanka T. B. Geology and structure of Balka Zolota gold deposit (Middle Dnipro region)//Vidomosti AHN Ukrainy. — 1997. — № 4. — P. 67–74. (In Russian).
7. Haletskiy L. S., Cherniienko N. M., Brahyn Yu. M. et al. Geology and Minerals of Ukraine (Atlas)/Edited L. S. Haletskiy. — Kyiv: TOV UITSPT "Heos — XXI stolittia", 2001. — 168 p. (In Ukrainian).
8. Gaev I. A., Gaeva N. M., Lebed G. T. Gold occurrences in Precambrian in sedimentary-volcanic rocks of the Middle Dnipro province//Geol. zhurn. — 1970. — № 4. — P. 126–131. (In Russian).
9. Kovalchuk M. S., Sukach V. V. Spatially-paragenetic, polygenic-polychronous gold ore system of the Solonianske ore field//Tektonika i stratygrafia. — 2018. — № 45. — P. 123–132. (In Ukrainian).
10. Lazko E. M., Sivoronov A. A., Gurskiy D. S., Bobrov A. B. Metallogeny of Archean. — Lvov: ZUKC, 2005. — 158 p. (In Russian).
11. Lysenko O. A. Factors of ore localization, morphology and internal structure of gold ore bodies of the Surozh deposit//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. — 2008. — № 4. — P. 50–62. (In Ukrainian).
12. Metallic and nonmetallic minerals of Ukraine: in 2 vol. — Vol. 1: Metallic minerals. Kyiv-Lviv: Tsentr Yevropy, 2006. — 785 p. (In Ukrainian).
13. Rudko H. I., Lytvyniuk S. F., Lovyniukov V. I., Lysenko O. A. Geological and industrial characteristics of Ukraine's gold deposits as objects of economic-geological evaluation//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. — 2015. — № 4. — P. 43–64. (In Ukrainian).
14. Sivoronov A. A. Formations and origin of Lower Precambrian greenstone complexes of the East-European platform. Abstract dis. ... Dr. Sci. (Geol. & Mineral.). — Moskva, 1987. — 38 p. (In Russian).
15. Sukach V. V. Geological structure and gold-bearing of the Solone ore field (Middle Dnipro region, Sura structure). Abstract dis. ... Dr. Sci. (Geol. & Mineral.). — Lviv: LNU, 2002. — 17 p. (In Ukrainian).
16. Sukach V. V. Geological and structural setting of gold mineralization in Solone ore field (Sura greenstone structure, Middle Dnipro region)//Heokhronolohiia i rudonosnost dokembriiu ta fanerozoii: zb. tez nauk. konferentsii. — Kyiv, 2015. — P. 116–117. (In Ukrainian).
17. Sukach V. V., Isakov L. V., Tsyma M. T. Typification of gold ore objects of Solone ore field//Naukovyi visnyk NHU. — 2005. — № 9. — P. 10–15. (In Ukrainian).
18. Sukach V. V., Nekriach A. I., Bobrov O. B., Malykh M. M., Monakhov V. S. Rock composition and stratigraphy of gold-bearing Apollonivka-Serhiivka volcano-plutonic association (Middle Dnipro region, Ukrainian Shield)//Heolohiia i mahmatyzm dokembriiu Ukrainkoho shchya. — Kyiv, 2000. — P. 112–115. (In Ukrainian).
19. Sukach V. V., Ryzantseva L. O. Complex gold-molybdenum deposits and occurrences in greenstone belts of the Middle Dnipro region of the Ukrainian Shield//Mineralni resursy Ukrainy. — 2018. — № 2. — P. 3–9. (In Ukrainian).
20. Bobrov A. Greenstone belt metallogeny view of ore-forming role of rhyodacite-trondjemite volcanic-plutonic association, Ukrainian Shield//8-th IAGOD Symposium. August 12–18. — 1990. — Ottawa, Canada.
21. Bobrov O. B., Gurskiy D. S., Krasnozhan M. D. et al. Main types of rock complexes and mineral deposits in the Ukrainian Shield. Geological excursion guidebook. — Kyiv: Geographica, 2002. — 166 p.

Рукопис отримано 19.08.2021.

УДК 549.211:553.81

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.13-19>

М. М. ЗІНЧУК, д-р геол.-мінерал. наук, професор,
академік АН РС (Я), голова Західноякутського наукового центру
Академії наук Республіки Саха (Якутія), м. Мирний,
nnzinchuk@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9682-3022>

M. ZINCHUK, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Professor,
Academician of the West-Yakutian Scientific Centre of the Sakha
Republic (Yakutiia), Myrnyi, nnzinchuk@rambler.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-9682-3022>

ПРО ХАРАКТЕРИСТИКУ АЛМАЗІВ З ДАВНІХ ОСАДОВИХ ТОВЩ КРАЙОВИХ ЧАСТИН ПЛАТФОРМ

О ХАРАКТЕРИСТИКЕ АЛМАЗОВ ИЗ ДРЕВНИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ КРАЕВЫХ ЧАСТЕЙ ПЛАТФОРМ

ABOUT CHARACTERISTICS OF DIAMONDS FROM ANCIENT SEDIMENTARY THICK LAYERS OF MARGINAL PARTS OF PLATFORMS

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

На підставі проведених комплексних досліджень підтверджено припущення щодо різних особливостей алмазів з кількох перспективних ділянок Тунгуської алмазоносної субпровінції, серед яких найперспективнішими є деякі території Байкітської та Південнотунгуської областей. Істотний вплив на формування тут давніх розсіпів алмазів має докембрійська фаза кимберлітового магматизму в Присянні та інших подібних структурах Сибірської платформи, звідки кристали зносилися в Іркутський амфітеатр. Обґрунтовано гіпотезу про приурочення областей поширення округлих алмазів до полів розвитку докембрійських теригенних формацій. Це дає змогу прогнозувати виявлення високопродуктивних тіл і в крайових частинах давніх платформ, що вже засвідчено на прикладі Східноєвропейської платформи. Результати вивчення алмазів уможливають термальний вплив на кристали в умовах давніх вторинних колекторів магматичних утворень трапової формації, що спричинило перехід зелених плям пігментації в бурі. Судячи з наявності баласів у розсіпах басейну р. Нижня Тунгуска, карбонадо в басейні верхньої течії р. Вілюй і баласів тунгуського типу в Середньомархінському алмазоносному районі (СМАР), типових округлих алмазів і тригонтриоктаєдрів І різновиду, знесення таких алмазів могло сягнути зони зчленування Тунгуської синеклізи й Анабарської антеклізи (межіріччя Марха — Тюнг). За низкою типоморфних особливостей вивчені алмази близькі до кристалів розсіпів Уралу й Середнього Тіману, але на відміну від них, характеризуються вищим (не менш як у 3–5 разів) умістом ламінарних кристалів ряду октаєдр-ромбододекаєдр, що свідчить про полігенезу їхніх корінних джерел (не менш як двох полів докембрійської фази й одного — мезозойської фази магматизму). Типоморфні особливості алмазів важливі для палеографічних реконструкцій поширення давніх продуктивних відкладів. Проведене мінералогічне районування території розсіпної алмазоносності за типоморфними особливостями алмазів відкриває можливості локалізації перспективних площ і пошуку корінних джерел цього мінералу, що є набагато стійкішим в екзогенних умовах, порівнюючи з іншими мантійними утвореннями. Отримані типоморфні особливості алмазів описуваних осадових товщ можна також використати для відновлення екзогенної історії на шляху від їхніх джерел до місць сучасного розміщення в розсіпах, що дуже важливо для визначення джерел знесення алмазоносного матеріалу.

Ключові слова: Сибірська платформа, докембрійські алмазоносні формації, районування території, прогнозування та пошук родовищ.

Basing on carried out complex investigations' opinion about various features of diamonds from a number of perspective sites of Tunguska diamondiferous sub-province has been confirmed. Among the sites some territories of Baikitsk and South-Tunguska areas are most perspective. Sufficient influence on formation of ancient diamond placers here has been exerted by Pre-Cambrian phase of kimberlite magmatism in Prisyaniye and other similar structures of the Siberian platform, from where crystals were carried to Irkutsk amphitheatre. An opinion has been passed about confinedness of rounded diamonds' areas of distribution to the fields of Pre-Cambrian terrigenous formations' development, which allows forecasting discovery of high-productive bodies in marginal parts of ancient platforms, as well, that has been confirmed on the example of East-European platform. Results of diamonds investigation allow assuming possibility of thermal impact on crystals in conditions of ancient secondary collectors of trappian formation magmatic initiations, which led to transition of green pigmentation spots into brown spots. The received typomorphic features of diamonds of the discussed sedimentary thick layers can be used for restoration of exogenous history on the path from their sources to the places of modern location in placers, which is very important for determination of source areas of diamondiferous material. Judging by the presence of balasses in placers of the Nizhnyaya Tunguska river basin carbonado in the upper river basin of the Vilyuy river and Tunguska type balasses in the Sredne-Marchinski diamond rayon (SMDR) typical rounded diamonds and trigontriohedra of the 1st species, the demolition of such diamonds could reach the junction zone of the Tunguska syncline and Anabar (Anabariskhe anche-Anechariche river Trug). According to a number of typomorphic features, the studied to a number of typomorphic features, the studied diamonds are close to the resip crystals of the Urals and Middle Timan, but their distinction is characterized by a higher (not less than 3–5 times) content of laminar crystals of a number of octahedron-rhombododecahedron which testifies to the polygenesis of their root sources (no less than two fields of the Precambrian phase and one for the Mesozoic phase of magmatism). Typomorphic features of diamonds are important for paleographic reconstructions of the spread of ancient prolific deposits. The mineralogical zoning of the peacer diamond area by typomorphic features of diamonds opens up the possibility of localizing promising areas and searching for the source of this mineral, which is much more stable under exogenous conditions compared to other mantle formations.

Keywords: Siberian platform, Pre-Cambrian diamondiferous formations, zoning of territories, forecasting and prospecting of deposits.

Открытие в 1954 году на территории Республики Саха (Якутия) первой алмазоносной кимберлитовой трубки Зарница привело впоследствии к концентрации основных прогнозно-

поисковых работ на алмазы на этой территории, расположенной в центральной части Сибирской платформы (СП). Перспективы рудоносности остальных частей платформы остались до настоящего времени не реализованы, и в первую очередь это относится к крайевым её частям [16, 19–26].

В число таких слабо изученных территорий входит *Тунгусская алмазоносная субпровинция* (ТАСП), расположенная на юго-западе СП (бассейн р. Нижняя Тунгуска и Присяжье), где поисковые работы на алмазы на протяжении последних более 60 лет велись в очень незначительных объемах. В настоящей работе использованы результаты изучения алмазов, проведенные под руководством автора совместно с канд. геол.-минер. наук В. И. Коптилем. В ТАСП по типоморфным особенностям алмазов выделены [1–8] две области – Байkitская, включающая северную часть Енисейского кряжа и Байkitскую антеклизу, и Южно-Тунгусская. В *Байkitской алмазоносной области* (БАО), наряду с ранее установленными четвертичными проявлениями алмазов, в 80-х годах XX столетия зафиксированы индикаторные минералы кимберлитов (ИМК) и алмазы в средне-верхнекаменноугольных углисто-терригенных отложениях Тычанской и Тарыдакской (левобережье р. Подкаменная Тунгуска, в бассейне её левых притоков – Тарыдак, Бедошмо, Немба) алмазоносных площадей. Указанные отложения верхнего палеозоя сложно интродуцированы телами долеритов, перекрыты триасовыми туфогенными образованиями и залегают на размытой поверхности терригенно-карбонатных пород среднего-верхнего кембрия или на сохранившейся на них коре выветривания (КВ). Базальные горизонты этих отложений, содержащие алмазы, представлены маломощными (до 1 м) линзовидно залегающими песчано-галечными образованиями (пролювиально-аллювиальные фации) или неотсортированными песчано-глинистыми образованиями с угловатыми обломками кремней, кварцитов и карбонатных пород, а также дресвяно-щебнистыми отложениями (делювиально-пролювиальные фации). Находящиеся в этих терригенных образованиях ИМК характеризуются высокой степенью сортировки и износа материала.

В Байkitской области детально изучены [11–13] алмазы из пространственно разобщённых участков каменноугольного коллектора Тычанской (десять участков), Шушукской (один участок) и Тарыдакской (три участка) площадей. На обширной территории ТАСП БАО была выделена по преобладанию в россыпях алмазов октаэдрического габитуса

(Больше-Питский, Северо-Енисейский и Нижне-Вельминский алмазоносные районы). В дальнейшем площадь с преобладанием октаэдрических кристаллов была расширена на юго-восток, в направлении простирания Ковино-Кординской и Тарыдакской зон глубинных разломов. Заметное различие алмазов из современных и каменноугольных отложений в бассейне р. Тычана свидетельствует о множественности коренных источников в данном регионе. Алмазы крупнее, чем индивиды большинства современных россыпей юго-запада СП, отмечены в каменноугольных отложениях Тарыдакской и Шушукской площадей. Среди них преобладают кристаллы класса $-2+1$ мм (около 75 %), при высоком (> 25 %) количестве алмазов размером $-4+2$ мм и при единичных находках мелких индивидов класса $-1+0,5$ мм. О крупности кристаллов свидетельствует распределение их по массе: на долю камней массой до 10 мг приходится лишь 25 %. Преобладают (фото) ламинарные кристаллы ряда октаэдр – ромбододекаэдр (преимущественно октаэдры), при заметном (> 25 %) содержании округлых, в основном с шагренью и полосами пластической деформации. Для сравнения отметим, что в россыпях системы рек Ирелях, Малая Ботуобия и Вилуя (Центрально-Сибирская алмазоносная субпровинция – ЦАСП), на расстоянии около 300 км от трубки Мир, содержание округлых алмазов уральского типа превышает 20 %, что сопоставимо с данными для Тычанской площади. Содержание двойников и сростков среди алмазов из Тычанского каменноугольного коллектора низкое (15 %), причём преобладают шпинелевые двойники. Количество алмазов со скульптурами травления превышает 50 %, причём преобладает (> 40 %) леденцовая скульптура. Большинство кристаллов представлено (рис. 1) бесцветными высокопрозрачными алмазами, слабоокрашенных индивидов лишь 35 %. Около 20 % составляют кристаллы с зелёными пятнами пигментации. В ультрафиолетовых лучах преобладают индивиды с розово-сиреневым (> 50 %) и сине-голубым (35 %) свечением. Содержание алмазов с твёрдыми включениями превышает 40 %. Преобладают эпигенетические включения графита, часто в ассоциации с сульфидами, кристаллов с сингенетическими включениями 6 %. Большинство включений

представлено минералами из ультраосновной ассоциации, но доля включений эклогитовой ассоциации (омфацил + оранжевый гранат) весьма весома (40 %). Степень сохранности (целостность) алмазов невысокая. В примерно равных количествах присутствуют (рис. 2) целые, повреждённые кристаллы и их обломки. При сравнительно невысокой целостности преобладают алмазы без трещин (около 65 %). Преобладают индивиды с аллювиальными сколами, а для половины всех кристаллов характерен только механический износ выкрашивания. Для сравнения отметим, что содержание алмазов с таким механическим износом в Малоботуобинском алмазоносном районе (МБАР), на небольшом удалении от трубки Мир, превышает 20 %.



Фото. Алмазы р. Нижняя Тунгуска (ТАСП)

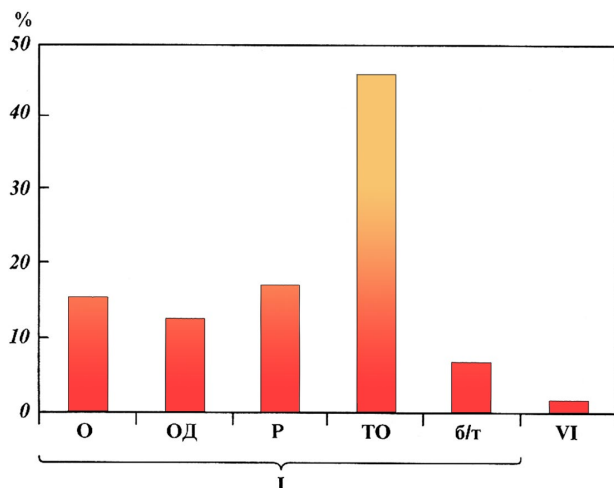


Рис. 1. Типоморфні особливості алмазів басейна р. Нижня Тунгуска

I, VI – різновидності алмазів по роботах Ю. Л. Орлової (О – октаедри, ОД – перехідні форми, Р – ламінарні ромбододаєдри, ТО – сума типово округлих алмазів, б/т – осколки)

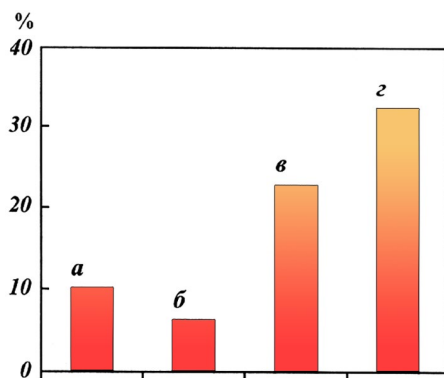


Рис. 2. Некотрі типоморфні особливості алмазів басейна р. Нижня Тунгуска

а – двійники і сростки, б – двійники, в – окрашенні алмази, г – алмази з твердими включеннями

В каменугольних відкладеннях Тычанской площі [9, 15–20] переважають індивіди з кимберлитового первісного типу (> 50 %), представлені кристалами октаэдрического і перехідного від нього до ромбододаэдрического габітусів. Крім того, присутні ромбододаэдри далдино-алакитського типу з занозистий штриховкою, доодаэдри уральського типу, близькі до інгашицьким, а також своєрідні рівномірно окрашенні в жовтий колір октаэдри ІІ різновидності, аналогічні цій групі алмазів Дьокунаского району ЦАСП. Слідом, по комплексу типоморфних ознак і спектру кристалів окремих морфогенетических груп (різновидності, габітус і морфологіческі типи) алмази з каменугольного колектора Тычанской площі і Байкитської області ТАСП не мають аналогів серед таких відомих кимберлитових тіл і росіш Сибірської алмазоносної провінції, що дозволяє передбачати їх власні продуктивні корінні джерела середньопалеозойського віку [21–26]. Для них характерна багаточисельність первісних (порядка 3–4), якими можуть бути декілька кимберлитових трубок або, можливо, кимберлитових полів двох епох магматизма (середньопалеозойської і докембрійської). Виділяються групи алмазів (не виключено воз-

можність змішування індивідів з декількох кимберлитових полів) з переважаючим кристалами октаэдрического габітуса (> 50 %), являються типоморфним ознакою багатих кимберлитових трубок мирнинського типу, і підчиненної ролі інших алмазів, частину з яких зустрічається тільки в цьому регіоні. Матеріали комплексного дослідження алмазів Южно-Тунгусської області менш інформативні. К нинішньому часу ми маємо результати досліджень з Присяньської області (Чуно-Бірюсинський і Ковинський алмазоносні райони), а також 48 кристалів з Тунгусської площі (Верхне-Катангський, Таймура-Чунський і Нижне-Тунгусський алмазоносні райони). Алмази Южно-Тунгусської області [14, 15, 17–20] характеризуються порівняльно невеликим розміром (5–10 мг, в середньому 9,4 мг). Переважають кристали класу –2+1 мм, порівняльно невеликих, приблизно рівних кількостях класів –4+2 мм і –1+0,5 мм (5–10 %) і єдиничних знахідках більш великих індивідів класу –8+4 мм. Переважають типові округлі алмази уральського типу (> 50 %), при помітній кількості полікристаліческих образів типу балас (до 10 %). На частину кристалів октаэдрического і перехідного від октаэдрического до ромбододаэдрического габітусів припадає лише 25 %. Кількість двійників і сростків не перевищує 15 %. Багато кристалів з леденцевої скульптурою (до 50 %), при високій кількості індивідів з кавернами, матировкою і корозією (до 20 %). Переважає більшість алмазів має високу ступінь прозорості, а частину окрашених каменів не перевищує 35 %. Більше 20 % індивідів мають зелені і бурі плями пігментації радіаційного походження, частину з яких складають бурі, що на 2–3 порядки вище значень для алмазів з росіш інших районів СП. Практично всі досліджені кристали з бурими плямами пігментації представлені округлими алмазами уральського типу. Небагато рідше зелені плями пігментації зустрічаються на доодаэдридах з шагренью і смугами пластическої деформації. Кількість алмазів з ознаками железнесті становить 20 %, що в 2–3 рази нижче, ніж в мезозойських і кайнозойських росішах северо-востока СП і на два порядки вище, ніж в верхньопалеозойських колекторах МБАР (ботубинська свита), Приленського (нучча-юрєгінська свита) і Тычанского (тычанская свита) районів. Серед алмазів Южно-Тунгусської області (басейн р. Нижня Тунгуска) переважають кристали з синьо-голубою фотолюмінесценцією, при близьких кількостях індивідів з зеленим (20 %) і рожево-сірим (17 %) світінням, в чому вони нагадують алмази з нижньокіменугольних і сучасних відкладень Кютюнгдинської області і її юго-западного і северо-восточного обрамлення. Кількість твердих включень в алмазах близько 25 %, в тому числі сингенетических 6 %, причому серед останніх висока (20 %) частину включень еклогітових асоціацій (оранжевий гранат). Нечто подібне відмічено для алмазів з росіш северо-востока СП. По ступеню збереженості (цілостності) переважають (більше половини) цілі і в незначительній ступені пошкоджені індивіди, при приблизно рівних співвідношеннях (до 20 %) обломаних кристалів і обломків. Разом з тим, більше 75 % всіх алмазів не мають тріщин, при помітній (>17 %) кількості кристалів з механіческим зносом викрашівання і 4 % індивідів з серповидними тріщинами і ромбіческим узором, причому остання цифра максимальна для росіш СП. Відсутні алмази з механіч-

ским износом истирания, который характерен для россыпей северо-востока СП. Приведенные данные свидетельствуют о неоднократных перемывах и переотложении алмазов, обусловивших естественную сортировку и значительную удаленность от первоисточников.

Для алмазов Присаянья (Чуно-Бирюсинский район) характерна повышенная крупность, при высокой средней массе кристаллов (39,0 мг), что близко к средней массе из россыпей Урала, имеющих сложную экзогенную историю [9]. Характерной особенностью изученных кристаллов является резкое (97,9 %) преобладание бесцветных, реже эпигенетически окрашенных в дымчато-коричневые (из-за пластической деформации), а также в зеленые цвета морской волны и желто-бурые (из-за пигментации радиационного происхождения) алмазов I разновидности различной морфологии. Встречены единичные равномерно окрашенные в янтарно-желтый цвет кубы II разновидности, бесцветные полубалласы VI разновидности и серо-стальные карбонадо бразильского типа X разновидности [12–14]. По своим кристалломорфологическим особенностям среди кристаллов I разновидности преобладают (48,9 %) типичные округлые алмазы уральского (бразильского) типа в основном додекаэдриды, реже (4,8 %) октаэдриды. Следует отметить довольно высокое (22,1 %) содержание кристаллов октаэдрического габитуса, в основном со сноповидной штриховкой (7,6 %) и полицентрически растущими гранями (7,6 %), а также плоскогранных острореберных октаэдров (3,4 %). При сравнительно невысоком содержании кристаллов переходной формы (7,6 %) и ламинарных ромбододекаэдров (9,6 %), обращает на себя внимание преобладание гладкогранных скрытослоистых округлых алмазов (в сумме 31,0 %) над додекаэдридами с шагренью и полосами пластической деформации (17,9 %). Для алмазов характерно низкое (12,1 %) содержание двойников и высокое (70,4 %) содержание кристаллов с признаками природного травления, представленных, преимущественно, леденцовой скульптурой в виде сглаживания (оплавления) вершин, ребер и гранных швов кристаллов. Алмазам присуща высокая степень прозрачности и значительное (42,1 %) содержание окрашенных камней, в основном за счёт приповерхностной бледно-зелёной окраски цвета морской волны радиационного происхождения (16,6 %), которое снимается при их огранке в бриллианты. Общее содержание индивидов с признаками слабого ожелезнения является очень низким (5,5 %). Особенностью изученных алмазов является максимальное количество пигментированных камней с зелеными и особенно бурыми пятнами пигментации, что является типоморфным признаком кристаллов из терригенных алмазоносных формаций мира докембрийского возраста. Их общее содержание составляет более 1/3 (34,4 %) от общего количества индивидов, причем среди них (25,5 %) преобладают зеленые пятна пигментации, также позеленение по трещинам (3,4 %) радиационного происхождения. Содержание алмазов с бурыми пятнами пигментации (4,1 %), а также комбинацией буро-зеленых (1,4 %) по степени распространенности занимает первое место на СП, наряду с бассейном р. Нижняя Тунгуска (8,1 %), хотя их суммарное содержание, подверженное метаморфогенному отжигу при температуре 550–600 °С, в Присаянье составляет 8,6 % (пятна бурые, буро-зеленые и желто-бурые, окраска радиационного происхождения), что близко к кристаллам бассейна р. Нижняя Тунгуска. Следует отметить, что суммарное содержание алмазов с окраской цвета морской волны,

зелеными пятнами пигментации и позеленения по трещинам составляет 42,1 % – максимальное на СП [9], что сближает их с терригенными докембрийскими алмазоносными формациями мира [14], бассейном р. Нижняя Тунгуска [8–10], рядом россыпей Урала [10] и Среднего Тимана [15]. Это, на наш взгляд [15, 17, 18], свидетельствует о существовании в районе Присаянья высокотемпературных интрузивов основного состава (дайки, штоки и т. д.), внедрение которых привело к региональному метаморфизму алмазоносных древних вторичных коллекторов. Для алмазов характерно низкое (25,6 %) содержание кристаллов с твердыми включениями, при высоком (7,7 %) содержании сингенетических включений, среди которых доминируют включения эклогитовой ассоциации. Алмазы характеризуются высокой степенью сохранности (целостностью) и низкой степенью трещиноватости, при значительном (22,7 %) содержании кристаллов с механическим износом, среди которых много камней с ромбическим узором трещин (7,6 %). Следует отметить, что среди изученных алмазов полностью отсутствует механический износ истирания, преобладающий (10–45 %) в разновозрастных россыпях северо-востока СП, а среди таковых в Присаянье преобладают целые высокопрозрачные бесцветные кристаллы, высокое качество которых приближается к таковым из россыпей Урала в сопоставимых классах крупности. Это позволяет, по аналогии с Уралом, предположить, что россыпи Присаянья могут оказаться рентабельными для эксплуатации даже при убогих содержаниях алмазов (в пределах 0,03–0,05 кар/м³). Типоморфными особенностями алмазов Присаянья являются: повышенная крупность кристаллов при средней массе 39,0 мг; резкое преобладание типичных округлых алмазов уральского/бразильского типа (додекаэдриды, реже октаэдриды), при единичных находках желтых кубов II разновидности, бесцветных балласов VI разновидности и черных карбонадо бразильского типа X разновидности; низкое содержание двойников и сростков; высокая роль кристаллов с леденцовой скульптурой, реже своеобразными кавернами без штриховки на днище и тригониоктаэдридов растворения; очень высокая степень прозрачности; невысокое содержание алмазов с лилово-коричневой окраской при преобладании кристаллов с эпигенетической поверхностной окраской цвета морской волны, зелеными и бурыми пятнами пигментации радиационного происхождения с их последующим отжигом при $t > 550$ °С во вторичном коллекторе; низкое содержание индивидов с сингенетическими графит-сульфидными включениями и при высоком содержании сингенетических включений, преимущественно, эклогитового парагенезиса; высокая степень сохранности (целостности) и низкая степень трещиноватости, а также высокое содержание кристаллов со своеобразным механическим износом (выкрашивание, фигуры удара и ромбический узор трещин), при полном отсутствии износа истирания; высокое качество алмазного сырья. Не исключено, что такого рода износ объясняется своеобразием плотика, сложенного высокопрочными породами докембрийского возраста (кварциты, гнейсы, кристаллические сланцы и др.). В целом по своим типоморфным особенностям изученные алмазы близки к кристаллам из россыпей бассейна р. Нижняя Тунгуска, что может, на наш взгляд [8–10], свидетельствовать о генеральном направлении сноса с юго-запада (Присаянье) на северо-восток в пределах Иркутского амфиатра, начиная с протерозоя. Судя по присутствию балласов в россыпях бассейна р. Нижняя Тунгуска, карбонадо в

бассейне верхнего течения р. Виллой и балласов тунгусского типа в Средне-Мархинском алмазоносном районе (СМАР), типичных округлых алмазов и тригонтриоктаэдров I разновидности, снос мог достигать зоны сочленения Тунгусской синеклизы и Анабарской антеклизы (междуречье рек Марха и Тюнг). Рядом типоморфных особенностей изученные алмазы близки к россыпям Урала и Среднего Тимана, но, в отличие от них, характеризуются более высоким (не менее чем в 3–5 раз) содержанием ламинарных кристаллов ряда октаэдр-ромбододекаэдр (преимущественно, октаэдров), что свидетельствует о полигенезе их коренных источников (не менее двух полей докембрийской фазы и одного – для фанерозойской фазы магматизма). Аналогичный спектр алмазов с близкими типоморфными особенностями отсутствует как в кимберлитовых телах, так и россыпях центральной и северо-восточной частей СП. По нашим данным, подобного рода кристаллы также характерны для сопредельных с севером Иркутской области территорий Красноярского края (Верхне-Катангский, Нижне-Тунгусский и Таймура-Чунский алмазоносные районы).

Результаты комплексного минералогического исследования алмазов Саяно-Тунгусской алмазоносной области свидетельствуют о множественности их коренных первоисточников, которых может быть не менее трех [7–10]. К первому относится значительное (~30 %) содержание кристаллов октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов I разновидности, характерных для богатых кимберлитовых тел I типа первоисточников фанерозойского возраста, что более чем в пять раз выше по сравнению с россыпями Урала и в 12 раз выше по сравнению с россыпями Среднего Тимана. Вместе с тем среди них преобладают (более 50 %) округлые алмазы уральского (бразильского) типа I разновидности II типа первоисточника, характерного для кимберлитовых тел с убогой алмазоносностью и кимберлитовых жил [9]. В ассоциации с ними встречаются такие типоморфные признаки алмазов формаций докембрийского возраста, как балласы VI разновидности и карбонадо X разновидности, для которых предполагается некимберлитовый генезис [14, 15, 20]. Следует также отметить и присутствие среди алмазов Присаянья желто-оранжевых кубоидов II разновидности, близких [17] по своим типоморфным особенностям к алмазам метаморфического генезиса кумдыкольского типа (первоисточник третьего типа).

Проведенный нами анализ типоморфных особенностей алмазов Байкитской и Южно-Тунгусской областей ТАСП подтверждает их отличие, что предполагает различную роль коренных источников отдельных эпох кимберлитового магматизма в формировании алмазоносных отложений. Наиболее благоприятна для поисков богатых коренных источников алмазов среднепалеозойского возраста территория Байкитской области. Насколько позволяет судить опосредованность Южно-Тунгусской области, наибольшее влияние на формирование россыпей алмазов здесь оказала докембрийская фаза кимберлитового магматизма в Присаянье и других структур южного обрамления СП, откуда алмазы сносились в Иркутский амфитеатр. Возможные коренные источники среднего палеозоя и мезозоя были убогоалмазоносны и не оказали заметного влияния на россыпную алмазоносность региона. Все это соответствует мнению о приуроченности областей распространения округлых алмазов к полям развития докембрийских терригенных формаций [14, 15, 20]. По

подобным признакам поискового прогнозирования возможно обнаружение высокоалмазоносных кимберлитовых тел не только в ЦАСП, но и в Байкитской области ТАСП.

Подводя итоги комплексного исследования алмазов из каменноугольных отложений юго-западной части СП (бассейн р. Нижняя Тунгуска и Присаянье) следует отметить, что в целом они характеризуются сходством типоморфных особенностей, сближающих их с кристаллами некоторых складчатых областей России (Урал и Средний Тиман). Они схожи также с алмазами из известных докембрийских формаций мира [14, 17]. Общими чертами, сближающими россыпи двух пространственно разобщенных регионов ТАСП, являются: преобладание типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа I разновидности по Ю. Л. Орлову в ассоциации с балласами VI и карбонадо X разновидностей; низкое содержание двойников и сростков; высокое содержание кристаллов с признаками природного травления (леденцовая скульптура оплавления, каверны, дисковая и черепитчатая скульптуры); высокая степень прозрачности; низкая роль кристаллов с лилово-коричневой и относительно высокая – с бледно-зеленой окраской цвета морской волны, а также зелеными пятнами пигментации радиационного происхождения; малое количество эпигенетических графит-сульфидных включений и сравнительно высокое – сингенетических включений; высокая степень сохранности (целостности) и низкая степень трещиноватости; высокая роль кристаллов со своеобразным механическим износом (выкрашивание, фигуры удара и ромбический узор трещин) при отсутствии механического износа (истирания), характерного для россыпей центральной и северо-восточной части СП. На примере территории Тычанского района показана возможность выделения локальных участков, для которых предполагается множественность первоисточников при преобладании кристаллов мирнинской ассоциации. Региональное распространение на этой территории мелких кристаллов октаэдрического габитуса в пределах юго-западного и северо-восточного бортов Тунгусской синеклизы отличает данный регион от севера Иркутской области и Присаянья. Среди алмазов северной части Саяно-Тунгусской области (бассейн р. Нижняя Тунгуска) по комплексу типоморфных признаков свыше половины составляют кристаллы, близкие по своим свойствам к таковым из терригенных алмазоносных формаций докембрийского возраста других регионов мира. Присутствие в изученной выборке минералов довольно большого количества (до 25 %) кристаллов I разновидности октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов, преобладающих в богатых кимберлитовых диатремах фанерозойского возраста СП, подчеркивает множественность коренных источников алмазов. Группа типичных алмазов уральского (бразильского) типа в пределах изученной части территории ТАСП по комплексу свойств близка к аналогичной группе кристаллов из периферийных частей северо-востока СП и Восточно-Европейской платформы (Архангельская алмазоносная провинция), что позволяет прогнозировать возможность открытия в исследуемом регионе диатрем, характерных для уже известных в краевых участках упомянутых кратонов. Учитывая полученные материалы наших исследований, вероятно поступление значительной части алмазов в бассейн р. Нижняя Тунгуска из складчатых областей Присаянья, источником которых могут быть терригенные алмазоносные формации докембрийского возраста, подвергшиеся в дальнейшем региональному метаморфизму. Исследуемые алмазы позволяют предполагать также

возможность термального воздействия на алмазы в условиях древних вторичных коллекторов магматических образований траппового магматизма раннетриасового возраста, что привело к переходу зеленых пятен пигментации в бурые. В целом по своим типоморфным особенностям изученные алмазы близки к кристаллам из россыпей р. Нижняя Тунгуска, что может свидетельствовать о генеральном направлении сноса с юго-запада (Присянье) на северо-восток в пределах Иркутского амфитеатра, начиная с протерозоя. Судя по присутствию балласов в россыпях бассейна р. Нижняя Тунгуска, карбонадо в бассейне верхнего течения р. Виллой и балласов тунгусского типа в СМАР, типичных округлых алмазов и тригонтриоктаэдров I разновидности, снос таких алмазов мог достигать зоны сочленения Тунгусской синеклизы и Анабарской антеклизы (междуречье Марха – Тюнг). По ряду типоморфных особенностей изученные алмазы близки к кристаллам россыпей Урала и Среднего Тимана, но в отличие от них, характеризуются более высоким (не менее, чем в 3–5 раз) содержанием ламинарных кристаллов ряда октаэдр-ромбододекаэдр, что свидетельствует о полигенезе их коренных источников (не менее двух полей докембрийской фазы и одного – для мезозойской фазы магматизма). Полученные типоморфные особенности алмазов можно использовать для восстановления экзогенной истории минерала на пути от их источников до мест современного нахождения в россыпях, что очень важно для палеогеографических реконструкций распространения древних продуктивных отложений и выяснения направлений сноса алмазоносного материала. Результаты минералогического районирования территории россыпной алмазоносности по типоморфным особенностям алмазов позволяют локализовать перспективные площади для поиска коренных источников этого минерала, который является значительно более устойчивым в экзогенных условиях по сравнению с другими мантийными образованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н. Основные литодинамические типы ореолов индикаторных минералов кимберлитов и обстановки их формирования//Геология рудных месторождений. – 1999. – Т. 41. – № 3. – С. 281–288.
2. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Полигенез алмазов в связи с проблемой коренных россыпей северо-востока Сибирской платформы//Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 361. – № 3. – С. 366–369.
3. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Логинова А. М. Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками//Записки Российского минералогического общества. – 2009. – Т. 138. – № 2. – С. 1–13.
4. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Тычков С. А. Проблема алмазоносности Сибирской платформы//Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2002. – № 1. – С. 19–36.
5. Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Кузнецова Л. Г. Геодинамический контроль размещения кимберлитовых полей центральной и северной частей Якутской кимберлитовой провинции (петрохимический аспект)//Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2000. – № 3 (9). – С. 37–55.
6. Зинчук Н. Н. Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформ//Геология и геофизика. – 1992. – № 7. – С. 99–109.
7. Зинчук Н. Н., Борис Е. И., Яныгин Ю. Т. Особенности минерализации алмаза в древних осадочных толщах (на примере верхнепалеозойских отложений Сибирской платформы). – М.: Мирнинская городская типография, 2004. – 172 с.
8. Зинчук Н. Н., Зуев В. М., Коптиль В. И., Чёрный С. Д. Стратегия ведения и результаты алмазопроисковых работ//Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.

9. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И., Липашова А. Н. Типоморфизм алмазов из россыпей Сибирской платформы как основа поисков алмазных месторождений//Руды и металлы. – 1999. – № 3. – С. 18–31.
10. Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Соколов В. Н. Изменение минерального состава и структурных особенностей кимберлитов Якутии в процессе выветривания//Геология и геофизика. – 1982. – № 2. – С. 42–53.
11. Зинчук Н. Н., Мельник Ю. М., Серенко В. П. Апокимберлитовые породы//Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 66–72.
12. Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Крайнов А. В. Кимберлиты в истории Земли. Труды НИИ геологии ВГУ. Учебное пособие. – Воронеж: ВГУ, 2013. – Вып. 68. – 100 с.
13. Зинчук Н. Н., Спеццус З. В., Зуенко В. В., Зуев В. М. Кимберлитовая трубка Удачная. Вещественный состав и условия формирования. – Новосибирск: НГУ, 1993. – 147 с.
14. Квасница В. Н., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм микрокристаллов алмаза. – М.: Недра, 1999. – 224 с.
15. Котельников Д. Д., Домбровская Ж. В., Зинчук Н. Н. Основные закономерности выветривания силикатных пород различного химического и минералогического типа//Литология и полезные ископаемые. – 1995. – № 6. – С. 594–601.
16. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Об аномалии общей схемы преобразования разбухающих глинистых минералов при погружении содержащих их отложений в стратиферу//Вестник Воронежского государственного университета. Серия геология. – 2003. – № 2. – С. 57–68.
17. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Особенности глинистых минералов в отложениях различных осадочных формаций//Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1997. – № 2. – С. 53–63.
18. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Типоморфные особенности и палеогеографическое значение слюдяных минералов//Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1996. – № 1. – С. 53–61.
19. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Условия накопления и постседиментационного преобразования глинистых минералов в осадочном чехле земной коры//Вестник Воронежского университета. Геология. – 2001. – № 12. – С. 45–51.
20. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Условия накопления и постседиментационного преобразования глинистых минералов в отложениях терригенной формации//Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2001. – Т. 76. – № 1. – С. 45–53.
21. Мацюк С. С., Зинчук Н. Н. Оптическая спектроскопия минералов верхней мантии. – М.: Недра, 2001. – 428 с.
22. Харьков А. Д., Зуенко В. В., Зинчук Н. Н., Крючков А. И., Уханов А. В., Богатых М. М. Петрохимия кимберлитов. – М.: Недра, 1991. – 304 с.
23. Хитров В. Г., Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава//Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 296. – № 5. – С. 1228–1233.
24. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Volkova N. I., Zinchuk N. N., Krasavchikov V. O. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry//Journal of Geochemical Exploration. – 2002. – Vol. 76. – № 2. – P. 93–112.
25. Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform//Doklady Earth Sciences. – 2015. – Vol. 465. – № 2. – P. 1297–1301.
26. Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform//Petrology. – 2001. – Vol. 9. – № 6. – P. 576–588.

REFERENCES

1. Afanasiev V. P., Zinchuk N. N. Main types of litodinamic tipe of kimberlite indication minerals and the conditions of their formation//Geologiya rudnyh mestorozhdenij. – 1999. – Vol. 41. – № 3. – P. 281–288. (In Russian).
2. Afanasiev V. P., Zinchuk N. N., Koptil V. I. Poligines of diamonds in connection with the problem of primary placers of the north-east of the Siberian platform//Doklady Akademii nauk. – 1998. – Vol. 361. – № 3. – P. 366–369. (In Russian).
3. Afanasiev V. P., Zinchuk N. N., Loginova A. N. Distribution features of placer diamonds associatied with the Precambrian source//Zapiski Rossijskogo mineralogicheskogo obshhestva. – 2009. – Vol. 138. – № 2. – P. 1–13. (In Russian).

4. Afanasiev V. P., Zinchuk N. N., Tichkov S. A. The problem of dokembriy diamond content of the Siberian platform//Vestnik VGU. Geologiya. – 2002. – № 1. – P. 19–36. (In Russian).

5. Vasilenko V. B., Zinchuk N. N., Kuznetsova L. G. Geodynamic control of kimberlite fields' allocation of central and northern part of Yakutian kimberlite province (petrochemical aspect)// Vestnik VGU. Geologiya. – 2000. – № 3 (9). – P. 37–55. (In Russian).

6. Zinchuk N. N. Comparative characteristics of material composition of kimberlite rocks' crusts of weathering of the Siberian and East-European platforms//Geologiya i geofizika. – 1992. – № 7. – P. 99–109. (In Russian).

7. Zinchuk N. N., Boris E. I., Yanigin Yu. T. Peculiarities of diamond mineralogene in ancient sedimentary talits by the example of the upper Paleozoic Sediments the Siberian platform. – Mirnyj: MGT, 2004. – 172 p. (In Russian).

8. Zinchuk N. N., Zuev V. M., Koptil V. I., Cherny S. D. Diamond management strategy and results//Gornyj vestnic. – 1997. – № 3. – P. 53–57. (In Russian).

9. Zinchuk N. N., Koptil V. I., Boris E. I., Lipashova A. N. Typomorphism of diamonds from placers of the Siberian platform as the basis for prospecting of diamond deposits//Rudy i metally. – 1999. – № 3. – P. 18–30. (In Russian).

10. Zinchuk N. N., Kotelnikov D. D., Sokolov V. N. Changes in the mineral composition and structural features of kimberlites of Yakutia during weathering//Geologiya i geofizika. – 1982. – № 2. – P. 42–53. (In Russian).

11. Zinchuk N. N., Melnik Yu. M., Serenko V. P. Apokimberlite rocks//Geologiya i geofizika. – 1987. – № 10. – P. 66–72. (In Russian).

12. Zinchuk N. N., Savko A. D., Krainov A. V. Kimberlites in the Earth history. Proceedings of VSU geological SRI. Tutorials. – Voronezh: VGU, 2013. – Iss. 68. – 100 p. (In Russian).

13. Zinchuk N. N., Spetsius Z. V., Zuenko V. V., Zuev V. M. Kimberlite pipe Udachnaya (material composition and conditions of formation). – Novosibirsk: NGU, 1993. – 147 p. (In Russian).

14. Kvasnitsa V. N., Zinchuk N. N., Koptil V. I. Typomorphism of diamond microcrystals. – Moskva: Nedra, 1999. – 224 p. (In Russian).

15. Kotelnikov D. D., Dombrovskaya Zh. V., Zinchuk N. N. Basic laws of weathering of silicate rocks of various chemical and mineralogical types//Litologiya i poleznye iskopaemye. – 1995. – № 6. – P. 594–601. (In Russian).

16. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Anomalies of the generals of transformation of swellable clay minerals wher the sediments containing them are immersed in the stratosphere//Vestnik VGU. Geologiya. – 2003. – № 2. – P. 57–68. (In Russian).

17. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Features of Clay minerals in sediments of various sedimentary farms//Izvestiya VUZov. Geologiya i razvedka. – 1997. – № 2. – P. 53–63. (In Russian).

18. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Typomorphic phic features and paleogeographic Significance of mica minerals//Izvestiya VUZov. Geologiya i razvedka. – 1996. – № 1. – P. 53–61. (In Russian).

19. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Geological interpretation of the rezultations of the Sedimentary cover on the larth's crust//Vestnik VGU. Geologiya. – 2001. – № 2. – P. 45–51. (In Russian).

20. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Conditions for the accumulation and post-sedimentations transformation of clay minerals in sediments of terrigens formation//Buleten MOIP. Otdel geologicheskij. – 2001. – Vol. 76. – № 1. – P. 45–53. (In Russian).

21. Macyuk S. S., Zinchuk N. N. Optical Spectroscopy of minerals of the upper mantle. – Moskva: Nedra, 2001. – 428 p. (In Russian).

22. Harkiv A. D., Zuenko V. V., Zinchuk N. N., Krutchkov A. I., Uchanov A. V., Bogatich M. M. Petrochimiya of kimberlite. – Moskva: Nedra, 1991. – 304 p. (In Russian).

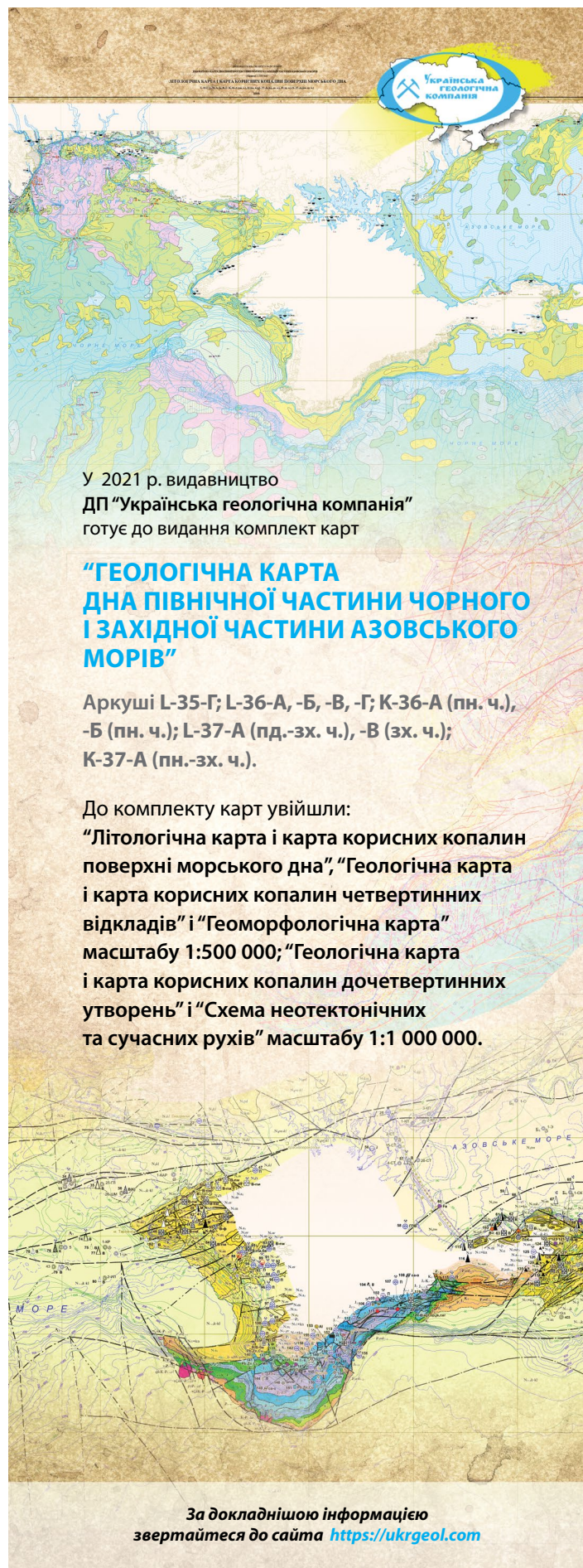
23. Hitrov V. G., Zinchuk N. N., Kotelnikov D. D. Application of cluster-analysis for clearing out regularities of various composition rocks' weathering//Doklady AN SSSR. – 1987. – Vol. 296. – № 5. – P. 1228–1233. (In Russian).

24. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Volkova N. I., Zinchuk N. N., Krasavchikov V. O. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry//Jornal of Geocheclal Exploration. – 2002. – Vol. 76. – № 2. – P. 93–112.

25. Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform//Doklady Eart Sciences. – 2015. – Vol. 465. – № 2. – P. 1297–1301.

26. Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya. Mantle Sources of the kimberlite Vorcianism of the Siberian Platform//Petrology. – 2001. – Vol. 9. – № 6. – P. 576–588.

Рукопис отримано 21.09.2019.



У 2021 р. видавництво
ДП "Українська геологічна компанія"
готує до видання комплект карт

**"ГЕОЛОГІЧНА КАРТА
ДНА ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО
І ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ АЗОВСЬКОГО
МОРІВ"**

Аркуші L-35-Г; L-36-А, -Б, -В, -Г; К-36-А (пн. ч.),
-Б (пн. ч.); L-37-А (пд.-зх. ч.), -В (зх. ч.);
К-37-А (пн.-зх. ч.).

До комплекту карт увійшли:
"Літологічна карта і карта корисних копалин
поверхні морського дна", "Геологічна карта
і карта корисних копалин четвертинних
відкладів" і "Геоморфологічна карта"
масштабу 1:500 000; "Геологічна карта
і карта корисних копалин дочетвертинних
утворень" і "Схема неотектонічних
та сучасних рухів" масштабу 1:1 000 000.

За докладнішою інформацією
звертайтеся до сайта <https://ukrgeol.com>

УДК 551.491.4

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.20-23>

Г. Г. ЛЮТИЙ, канд. геол.-мінерал. наук, провідний науковий співробітник відділу гідрогеологічних та еколого-геологічних досліджень (УкрДГРІ),
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. В. САНИНА, завідувачка відділу гідрогеологічних, інженерно-геологічних та еколого-геологічних досліджень (ВП Український геологорозвідувальний інститут ДП "Українська геологічна компанія"), ekogeol@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6592-9625>

G. LYUTYI, PhD (Geol. & Mineral.), leading researcher (Ukrainian State Geological Research Institute),
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>,
I. 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>

ОЦІНКА ЗМІН ЯКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД ВОДОНОСНИХ ГОРИЗОНТІВ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОГО АРТЕЗІАНСЬКОГО БАСЕЙНУ

ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY CHANGES IN THE AQUIFERS OF THE DNIPROVSKO-DONETSKYI ARTESIAN BASIN

Методичними документами Водної рамкової директиви Європарламенту передбачено лише два класи якості підземних вод – “добра” і “погана”. Очевидно, що для оцінювання та картографування змін якості води цих двох градацій не досить. Тому було використано класифікацію Національного стандарту України “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правил вибирання” (ДСТУ 4808:2007), згідно з якою підземні води за показниками хімічного складу поділяють на чотири класи: “відмінна”, “добра”, “задовільна” і “посередня”.

Щоб оцінити зміни якості підземних вод у часі, було порівняно гідрогеохімічні характеристики, отримані за результатами гідрогеологічного вивчення підземних вод на етапі розвідувальних робіт у період 60–70-х років XX сторіччя та гідрогеологічного довивчення раніше закартованих площ у 2000–2010 рр. Зіставлені дані за різні часові відтинки наочно засвідчили інтенсивний перебіг процесу забруднення підземних вод у четвертинних відкладах у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (ДДАБ). Водночас негативних тенденцій змін якості підземних вод більш захищених – напірних водоносних горизонтів в еоценових і нижньокрейдово-сеноманських відкладах за період 1970–2010 рр. виявлено не було. Апробовані підходи картографічного оцінювання змін якості підземних вод у часі, рекомендовані ДСТУ 4808:2007, можна разом із іншими методами ефективно використовувати під час моніторингу підземних вод в Україні.

Ключові слова: підземні води, Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн, класи якості, блокові індекси.

According to the Water Framework Directive methodological documents, identification of only two classes of groundwater quality – “good” and “bad” is provided. Obviously, these two gradations are insufficient for assessing and mapping of water quality changes. Therefore, for this purpose, the approaches defined in the National Standard of Ukraine “Sources of Centralized Drinking Water Supply. Hygienic and Environmental Requirements for Water Quality and Selection Rules” (SSTU 4808:2007), which proposes the division of groundwater in terms of chemical composition into four classes: excellent, good, satisfactory and mediocre, were applied.

The article discusses the results of assessing the groundwater quality using an original methodology that allows assessing the quality of groundwater of different age aquifers and at different intervals, as well as predicting the direction of their changes over time. The authors have created hydrogeochemical maps characterizing the quality of the Quaternary aquifer water within the Dniprovsko-Donetskyi artesian basin (DDAB) in different periods of time according to the methodology justified by the National Standard of Ukraine “Sources of Centralized Drinking Water Supply. Hygienic and Environmental Requirements for Water Quality and Selection Rules” (SSTU 4808:2007).

To assess changes in the quality of groundwater in time, a comparison of the hydrogeochemical characteristics obtained from the results of the hydrogeological study of groundwater in the course of exploration work in the 60–70s of the last century and the hydrogeological study of the previously mapped areas in 2000–2010 was made. Comparison of data for different periods of time clearly showed the intensive course of the process of groundwater pollution in Quaternary sediments within the DDAB. At the same time, negative tendencies of changes in the quality of groundwaters of more protected – confined aquifers in the Eocene and Lower Cretaceous-Cenomanian sediments for the period from 1970 to 2010 were not detected. The approaches for the cartographic assessment of changes in groundwater quality over time, recommended by SSTU 4808:2007, can be effectively used together with other methods for monitoring groundwater in Ukraine.

Keywords: groundwater, Dniprovsko-Donetskyi artesian basin, quality classes, block indexes.

Вивченню змін якості підземних вод упродовж останніх десятиліть було присвячено чимало робіт, однак більшість з них стосувалася окремих родовищ, переважно в процесі оцінювання запасів підземних вод, або ж досить обмежених за площею територій. Водночас майже не було спроб показати зміни хімічного складу підземних вод у межах великих таксономічних одиниць – наприклад, гідрогеологічних регіонів, хоча саме такі дослідження дають змогу оцінити масштаби

змін якості підземних вод унаслідок антропогенного впливу упродовж тривалого періоду.

Щоб оцінити й наочно показати зміни якості підземних вод, в УкрДГРІ із застосуванням картографічного підходу створили спеціалізовану гідрохімічну карту території ДДАБ у два різні періоди [1].

Ідея картографічних оцінок полягала в обробленні вибірки хімічних аналізів підземних вод, які було виконано до 1970 р., коли на території України інтенсивно проводили гідрогеологічні знімання масштабу 1:200 000, а також вибірки

хімічних аналізів періоду проведення гідрогеологічного до-
вивчення аналогічного масштабу після 2000 р., і зіставленні
отриманих даних. Загалом для виконання поставлених за-
вдань було опрацьовано та проаналізовано матеріали більш
як 100 звітів.

Зазначимо, що методичними документами Водної рам-
кової директиви Європарламенту передбачено лише два
класи якості підземних вод – “добра” і “погана” [3]. Очеви-
дно, що показати зміни якості води за допомогою цих двох
градацій не видається можливим. Тому було використано
підходи, визначені у Національному стандарті України
“Джерела централізованого питного водопостачання. Гігі-
єнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правил виби-
рання” (ДСТУ 4808:2007), зокрема запропонований у ньому
поділ підземних вод за показниками хімічного складу на
чотири класи: “відмінна”, “добра”, “задовільна” і “посередня”
якість [2]. Водночас до останнього класу входять води з мі-
нералізацією більш як 1,5 г/дм³.

В Україні, особливо в південних і східних регіонах, попри
таку якість води (із сухим залишком 1,5–3,0 г/дм³), її широко
використовують для потреб господарсько-питного водопо-
стачання за умов щорічного отримання дозволу органів сані-
тарно-епідеміологічної служби на користування некондицій-
ними водами. Зауважимо, що донедавна Державна комісія
України по запасах корисних копалин не розглядала експлу-
атаційні запаси підземних вод для питних потреб, якщо сухий
залишок перевищував 1,5 г/дм³. Однак нині через широке
впровадження ефективної системи очищення води методом
зворотного осмосу, запаси затверджують навіть у разі, коли
сухий залишок води сягає 4,5 г/дм³ [1].

Стандарт ДСТУ 4808:2007 передбачає оцінювання яко-
сті води за сімома групами показників: органолептичними,
загальносанітарними, гідробіологічними, мікробіологічними,
паразитологічними, токсикологічними (органічними
і неорганічними) та показниками радіологічної безпеки.
Під час побудови карти використано лише загальносані-
тарні показники, які масово визначали, вивчаючи якість
підземних вод упродовж проведення як регіональних гідро-
геологічних, так і пошуково-розвідувальних робіт на воду.

У такий спосіб оцінювання якості підземних вод здійсню-
валося не за інтегральним, а за блоковим індексом, проте
це неповне оцінювання компенсувалося великою кількістю
фактичних даних.

Оскільки інформаційна забезпеченість 2001–2010 ро-
ків набагато гірша, порівнюючи з попереднім періодом,
сучасний гідрохімічний стан був охарактеризований фра-
гментарно. Найдокладніше було вивчено території, де після
2000 року проводили гідрогеологічне довивчення масшта-
бу 1:200 000, зокрема території аркушів М-36-ХІІІ (Київ) і
М-36-ХІV (Переяслав-Хмельницький).

Визначення класів і підкласів якості води за окремими
показниками полягає у зіставленні фактичних загальноса-
нітарних показників з відповідними критеріями, наведеними
у згаданому вище стандарті (табл. 1). На основі проведено-
го зіставлення середніх і найгірших значень за кожним по-
казником (у разі наявності відповідної вибірки) визначають
класи й підкласи якості води. У підсумкових розрахунках
використовують усі емпіричні значення окремих показників
складу підземних вод у варіанті середніх і максимальних ви-
явів і на основі середньоарифметичних обчислень визнача-
ють класи й підкласи води.

Попереднє оброблення даних хімічних аналізів поляга-
ло в підготуванні для кожної вибірки карт сухих залишків у
масштабі, який забезпечується наявною інформацією. Поле
таких карт було розбите на блоково-однорідні ділянки, у ме-
жах яких підраховували індивідуальні для кожного показни-
ка хімічного складу блокові індекси й загальні – як середньо-
арифметичні за всіма показниками хімічного складу.

За визначеними індексами було побудовано карти оцінки
якості, що характеризують період 60–70-х років ХХ століття,
а також 2001–2010 рр. Для ДДАБ було виконано картогра-
фічні побудови для характеристики якості води водоносних
горизонтів у четвертинних, буцацьких та альб-сеноманських
відкладах.

На рисунку наведено результати картографічних оцінок
якості води у водоносному горизонті в четвертинних відкла-
дах на території Київського й Переяслав-Хмельницького ар-
кушів масштабу 1:200 000 на лівобережжі Дніпра, за якими

Таблиця 1. Схема визначення класів і підкласів якості води в джерелах централізованого питного водопостачання (ДСТУ 4808:2007)

Позначення класів якості води	Середні значення блокових індексів	Позначення підкласів якості води	Характеристика класів і підкласів якості води
1	1,00–1,25 1,26–1,50	I I (2)	“Відмінна”, дуже чиста вода “Відмінна”, дуже чиста вода з ухилом до класу “доброї”, чистої води бажаної якості
2	1,51–1,75 1,76–1,99 2,00–2,25 2,26–2,50	I–II II (1) II II (3)	Вода перехідна за якістю від “відмінної”, дуже чистої, до “доброї”, чистої “Добра”, чиста вода з ухилом до класу “відмінної”, дуже чистої “Добра”, чиста вода прийнятної якості “Добра”, чиста вода з ухилом до класу “задовільної”, слабо забрудненої прийнятної якості
3	2,51–2,75 2,76–2,99 3,00–3,25 3,26–3,50	II–III III (2) III III (4)	Вода перехідна за якістю від “доброї”, чистої, до “задовільної”, слабо забрудненої “Задовільна”, слабо забруднена вода з ухилом до класу “доброї”, чистої “Задовільна”, слабо забруднена вода прийнятної якості “Задовільна”, слабо забруднена вода з ухилом до класу “обмежено придатної”, небажаної якості
4	3,51–3,75 3,76–3,99 4,00	III–IV IV (3) IV	Вода перехідна за якістю від “задовільної”, слабо забрудненої прийнятної якості до “обмежено придатної”, небажаної якості “Обмежено придатна”, небажаної якості з ухилом до класу “задовільної”, слабо забрудненої води прийнятної якості “Посередня”, обмежено придатна небажаної якості

наявна найбільш представницька гідрогеохімічна інформація за період 2000–2010 рр.

У період 60–70-х років XX століття ґрунтові води в межах території цих двох аркушів характеризувалися високою якістю, а середні значення блокових індексів тут становили до 2,25. Надалі, як видно з рисунку, на цій території відбулися суттєві негативні зміни якості ґрунтових вод. Води “відмінної” якості в долині р. Дніпра після 2000 року тут не зафіксовано, хоч у попередні роки вона була досить поширена. На сьогодні залишилася лише вузька смуга поширення такої води уздовж р. Супій. Водночас на ділянках, де в 70-х роках XX сторіччя фіксували наявність води “відмінної” якості й перехідної за якістю до дуже чистої і доброї, прийнятної якості (блокові індекси 1,26–2,25), отримали розвиток води від слабко забруднених добрих до “задовільної” якості (блокові індекси 2,26–2,75), а на окремих ділянках – до слабко забруднених прийнятної якості і “задовільної”, слабко забрудненої води з ухилом до класу “обмежено придатної”, небажаної якості (блокові індекси 2,76–3,35). Отже, зіставлені дані за різні періоди наочно засвідчили перебіг процесу забруднення підземних вод у четвертинних відкладах на цій території.

Зазначимо, що подібні тенденції були спостережені й у межах території Кобеляцького та Кременчуцького аркушів масштабу 1:200 000.

Отже, картографічні побудови досить наочно зафіксували зміни якості підземних вод четвертинного водоносного горизонту в часі, що, найімовірніше, засвідчує негативний антропогенний вплив.

Застосування ГІС-технологій дає змогу швидко й точно визначати площу територій з різними класами й підкласами якості води. Результати таких обчислень наведено в табл. 2. Ця інформація доповнює карти якісної оцінки й дає змогу схарактеризувати спрямованість і темп змін якості води за період 1970–2010 рр.

Дані, наведені в табл. 2, наочно ілюструють масштабність і незворотність змін, яких зазнає хімічний склад підземних вод четвертинних горизонтів. За період, що минув після проведення гідрогеологічних робіт у 1960–1970 рр., майже зникли води підкласу I (2), площа поширення води підкласів I–II та II зменшилася вп'ятеро та в понад три рази відповідно. Проте на 16 % збільшилася площа поширення води підкласу II (1) і майже в 33 рази – води підкласу II (3). За цей відтинок часу закартографовано нові площі поширення води підкласів II–III, III (2), III. Тобто простежується впевнена тенденція до переходу води від “відмінної”, бажаної, а також “доброї”, прийнятної якості, до якості “задовільної”, прийнятної.

У воді першого від поверхні водоносного горизонту на території аркушів Київ і Переяслав-Хмельницький у період

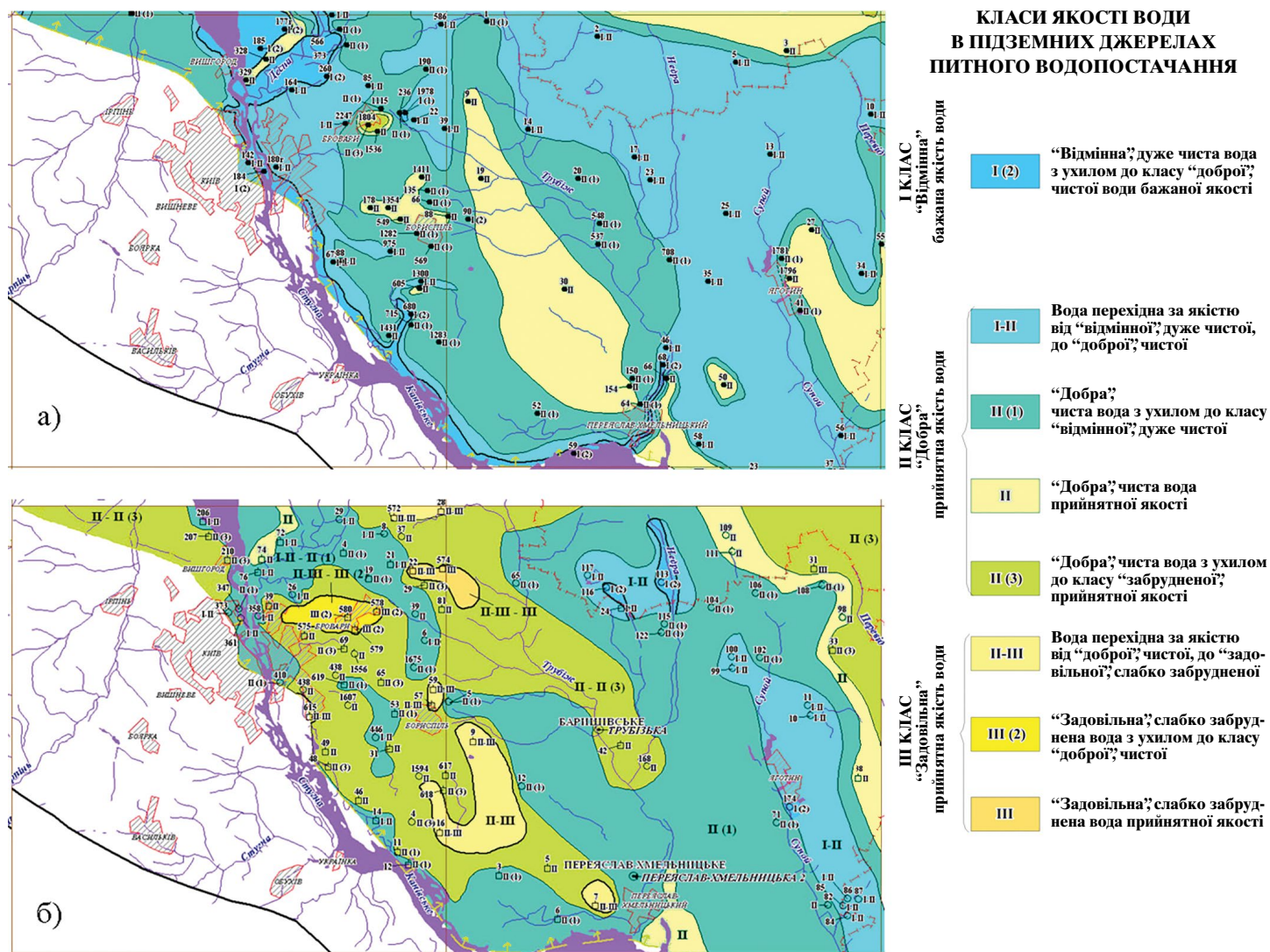


Рисунок. Зіставлення карт оцінки якості води водоносного горизонту в четвертинних відкладах на лівобережжі Дніпра в межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну: а) – за даними робіт 1960–1975 рр., б) – за даними робіт 2000–2010 рр.

Таблиця 2. Зміни якості підземних вод за площею (території аркушів Київ і Переяслав-Хмельницький у межах ДДАБ)

Клас якості води	Підклас якості води	Характеристика класів і підкласів якості води	Відсоток території аркушів Київ і Переяслав-Хмельницький (у межах ДДАБ), %	
			Період до 1970 р.	Період 2000–2010 рр.
I “Відмінна”, бажаної якості	I (2)	“Відмінна”, дуже чиста вода з ухилом до класу “доброї”, чистої води бажаної якості	5,8	0,7
II “Добра”, прийнятна якість води	I–II	Вода перехідна за якістю від “відмінної”, дуже чистої, до “доброї”, чистої	44,8	8,8
	II (1)	“Добра”, чиста вода з ухилом до класу “відмінної”, дуже чистої	32,1	48,0
	II	“Добра”, чиста вода прийнятної якості	17,2	4,8
	II (3)	“Добра”, чиста вода з ухилом до класу “задовільної”, слабо забрудненої прийнятної якості	0,2	32,7
III “Задовільна”, прийнятна якість води	II–III	Вода перехідна за якістю від “доброї”, чистої, до “задовільної”, слабо забрудненої	–	3,4
	III (2)	“Задовільна”, слабо забруднена вода з ухилом до класу “доброї”, чистої	–	1,0
	III	“Задовільна”, слабо забруднена вода прийнятної якості	–	0,6

випробувань 2000–2010 рр. майже скрізь наявне перевищення вмісту нітратів (на рівні 1,2–4,0 ГДК). У деяких випадках нітрат-іон навіть визначає тип води, оскільки входить до формули її сольового складу. Водночас водопункти з умістом нітратів, що не перевищує нормативний показник 50 мг/дм³, виявлені лише поблизу Дніпра. Грунтові води з природним гідрокарбонатним кальцієвим складом трапляються рідко й просторово тяжіють до долин річок. Натомість часто трапляються води трикомпонентного – гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридного аніонного складу. Все це свідчить про антропогенне походження забруднення, пов’язане, зважаючи на специфіку землекористування території, з впливом дифузних джерел забруднення в межах агроландшафтів.

Водночас варто зауважити, що негативних тенденцій змін якості підземних вод більш захищених – міжпластових водоносних горизонтів в еоценових і нижньокрейдово-сеноманських відкладах унаслідок антропогенного впливу в період 1960–1970 рр., а також 2001–2010 рр. у межах територій перелічених аркушів виявлено не було. Зіставлення карт якісної оцінки води цих водоносних горизонтів у згаданий період показало їхню майже повну ідентичність.

Висновки

Отже, зіставлення засвідчило масштабні зміни якості підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту впродовж останніх 30–40 років і водночас добру захищеність водоносних горизонтів в еоценових і нижньокрейдово-сеноманських відкладах. Методичні підходи щодо оцінки якості води, викладені в стандарті ДСТУ 4808:2007, попри деякі недоліки, зокрема наявність надто великої кількості підкласів без виразної конкретизації їхніх змістовних відмінностей, видаються прийнятними для опрацювання гідрохімічної інформації та побудови відповідних карт. Зіставлення різночасових умовних кількісних показників дає змогу оцінити зміни якості води в кожній просторовій точці, а в разі врахування періоду між вибірками – і темп зміни якості в цих точках. Апробовані підходи картографічного оцінювання змін якості підземних вод у часі, рекомендовані ДСТУ 4808:2007, можна разом із іншими методами, ефективно використовувати під час моніторингу підземних вод в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лютий Г. Г. Картографічне оцінювання змін якості підземних вод у часі//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2016. – № 1. – С. 65–71.
2. Національний стандарт України “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правил вибирання” (ДСТУ 4808:2007).
3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy 23 October 2000 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>

REFERENCES

1. Lyutyj G. G. The cartographic assessment of temporal changes of groundwater quality//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHR. – 2016. – № 1. – P. 65–71. (In Ukrainian).
2. National standard of Ukraine “Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and ecological demands to quality and choice regularities” (SSTU 4808:2007). (In Ukrainian).
3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy 23 October 2000 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>

Рукопис отримано 13.09.2021.

Колектив журналу нагадує авторам і читачам, що триває передплата на журнал **МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ** на I півріччя 2022 р.

Передплатний індекс за Каталогом періодичних видань України – **48336**



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
**МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ
УКРАЇНИ**



УДК 622.24

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.24-27>

Р. І. СТЕФУРАК, канд. техн. наук, заступник директора ВП Український геологорозвідувальний інститут ДП “Українська геологічна компанія”, stefurakroman9@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0394-2776>,
Р. С. ЯРЕМІЙЧУК, д-р техн. наук, професор, академік Української нафтогазової академії, rom.yaremychuk@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9041-6576>

R. STEFURAK, PhD (Engin.), Deputy Director (Ukrainian Geological Research Institute of the UGC), stefurakroman9@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0394-2776>,
R. YAREMIYCHUK, Dr. Sci. (Engin.), Professor, Academician of the Ukrainian Oil and Gas Academy, rom.yaremychuk@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9041-6576>

ІСТОРИЧНІ НАРИСИ БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН – ВІД ПРОЄКТУ ДО ПРАКТИКИ (ПОГЛЯД З МИНУЛОГО В МАЙБУТНЄ)

HISTORICAL ASPECTS OF DRILLING OF OIL AND GAS WELLS – FROM PROJECT TO PRACTICE (LOOK FROM THE PAST IN THE FUTURE)

У статті висвітлено історію становлення й розвитку буріння глибоких нафтових і газових свердловин в Україні впродовж останнього сторіччя. Особливої уваги надано як бурінню надглибоких вертикальних свердловин завглибшки понад 6000 метрів, так і розгалужено-горизонтальних свердловин на суші й на морі.

На думку авторів, проекти буріння експлуатаційних свердловин мають складатися з двох частин, перша з яких передбачає забезпечення максимальної швидкості буріння, а друга – якісного розкриття продуктивних горизонтів.

Втілюючи в життя ці частини проєкту, рекомендується використовувати сервісну систему виконання окремих видів робіт. Передусім це стосується регулювання властивостей промивальних рідин, процесів кріплення стінок свердловини, відновлення фільтраційних характеристик пластів-колекторів.

Для вивчення надр із застосуванням новітніх технологій буріння доцільно було б заново переглянути геологічну інформацію з буріння найглибшої в Україні свердловини Шевченково-1 та запроектувати буріння її аналога з порівнянною глибиною.

Описано унікальний вітчизняний досвід буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин під час розбурювання Одеського газоконденсатного родовища на шельфі Чорного моря через регулювання тиску в разі розкриття пласта. Авторі запропонували новітню технологію зменшення тиску в процесі експлуатації свердловин у воронках депресії. Технологія пройшла промислове випробування.

Отриманий досвід можна застосувати під час буріння на інших родовищах Чорного моря.

На переконання авторів, уряд має подбати про збільшення фінансування науково-технічних програм і заходів зі стабілізації й нарощування видобутку нафти й газу, зокрема й завдяки бурінню нових глибоких свердловин, відновленню фонду законсервованих свердловин та інтенсифікації роботи свердловин на виснажених родовищах.

Ключові слова: буріння свердловин, проєкт буріння, регулювання властивостей промивальних рідин, розкриття пласта, воронки депресії, горизонтальні свердловини, самопідіймальна бурова установка.

The article covers the history of deep oil and gas wells drilling in Ukraine during the last century. Particular attention is paid to the drilling of ultra-deep vertical wells with a depth of more than 6000 meters, and the drilling of branched-horizontal wells onshore and offshore.

According to the authors, drilling projects for production wells should consist of two parts, the first one provides the maximum rate of penetration and the second one provides the high-quality opening of production intervals. When implementing these parts of the project, it is recommended to use a service system for certain types of operation. First of all, it concerns control of drilling mud properties, wall fixing processes, recovery of filtration characteristics for reservoir formations.

In order to study the subsoil using the latest drilling technologies, it would be appropriate to revise the geological information on drilling of the deepest well in Ukraine, Shevchenko-1, and design a new analogue with a comparable depth.

The article describes the unique local experience of deviated and horizontal wells drilling at Odesa gas condensate field on the Black Sea offshore by pressure control during formation drilling. The authors propose to carry out the opening formation following the technology which allows reducing the pressure during the well production with the cone of depression. The technology has passed industrial testing.

The gained experience can be applied during the drilling of other Black Sea deposits.

According to the authors, the government should increase funding for scientific and technical programs and measures to stabilize and increase production of these minerals by drilling new deep wells, restoring the stock of suspended wells and intensifying wells in depleted fields.

Keywords: well drilling, drilling project, control of drilling mud properties, opening of formation, cone of depression, horizontal wells, jack-up drilling rig.

Вступ

Розроблення нафтових і газових родовищ було б неможливим без спорудження свердловин, що з'єднують з поверхнею нафтогазовий колектор на будь-якій доступній для сучасної техніки й технології глибині. Відомі на сьогодні поклади нафти й газу залягають на глибинах від 500–600 метрів до 6000–7000 метрів. Вуглеводні розміщуються в колекторах з різними тисками: від аномально низьких до аномально високих.

Поклади виявляють у різних типах колекторів, здебільшого в пісковиках і тріщинуватих вапняках. Окремі пісковики містяться в потужних відкладах товщ з різною проникністю, що можуть бути розділені прошарками глини, глинистих сланців або залягати над частиною колектора, заповненого під тиском водою (відомі Долинське, Орів-Вуличнянське, Битківське та інші нафтові родовища Прикарпаття).

Основна частина

У 60–70-ті роки ХХ століття на сході й заході України працювали потужні геологорозвідувальні експедиції глибо-

кого буріння в системі Міністерства геології УРСР та контори буріння, згодом перетворені на управління бурових робіт (УБР) Міністерства нафтової промисловості СРСР. Обсяги буріння сягали 500–700 тисяч метрів на рік (фото 1). На сході й заході України було відкрито потужні нафтові й газові родовища в Харківській, Полтавській, Чернігівській, Івано-Франківській і Львівській областях, розміщені в Дніпровсько-Донецькій западині (ДДВ) та у Внутрішній зоні Прикарпатського прогину і його зовнішній частині. Після введення в експлуатацію більш як десяти потужних родовищ річний видобуток газу сягнув 69 млрд м³ газу в 1969 році та 15 мільйонів тонн нафти в 1970 році [11, 12]. Більшу частину видобутого газу транспортували в Москву, Мінськ і Ленінград.

Буріння свердловин виконували на високому, як на той час, технологічному рівні. Наприклад, Бориславська контора розвідувального буріння ще наприкінці 50-х років XX століття під інженерним супроводом Петра Шинкарика розбурювала Рудківське газове родовище з одного монтажного куща мережею похило-скерованих свердловин (це було вперше в СРСР). На цьому ж родовищі вперше, на пропозицію видатного вченого Еммануїла Чекалюка, ліквідовано потужний відкритий газовий фонтан через похило-скеровану свердловину з використанням гідророзриву пласта. Поряд з масовим бурінням свердловин завглибшки від 900 метрів (Свидницьке газове родовище) до 2500–3500 метрів на більшості родовищ України в ці роки пробурено кілька надглибоких свердловин, як-от Луги-1 завглибшки 6000 метрів, Синьовидна-1 завглибшки 7000 метрів і найглибша на той час у СРСР свердловина Шевченково-1 завглибшки 7522 метри [11, 12]. Буріння цих свердловин тривало довго. Свердловину Шевченково-1 бурили 3,5 року й законсервували з технічних причин через труднощі з ліквідацією прихоплення бурильних труб. Наш аналіз буріння цієї свердловини (1975 рік) засвідчив, що лише завдяки використанню бурових доліт відповідно до фізико-механічних властивостей розбурюваних порід її можна було пробурити набагато швидше, орієнтовно за один рік. Під час буріння цієї свердловини з глибини 6900 метрів до бурового розчину безперервно надходила плівка нафти й газу, від якої він очищувався в дегазаторі циркуляційної системи. Пластовий тиск сягав 120 МПа. Навіть у разі ліквідації аварії, експлуатувати цю свердловину не було технічної можливості, бо для цього треба було б встановити в гирлі свердловини фонтанну арматуру під тиск 180 МПа. На той час така арматура в одному екземплярі була лише у Франції. Доцільно заново переглянути геологічну інформацію з буріння цієї свердло-

вини та запроєктувати на новій технічній і геологічній основі буріння її аналога з порівнянною глибиною.

На початку 70-х років XX століття в Україні зусиллями Долинського й Бориславського УБР було пробурено одинадцять розгалужено-горизонтальних свердловин з використанням електробурів, телесистем і механізмів викривлення вітчизняного виробництва [12]. Стовбури свердловин від гирла до кінцевого викривлення бурили під одним азимутальним кутом, а кінцеве зенітне викривлення сягало 96–110 градусів. Ця техніка й технологія випереджали тогочасні технології буріння горизонтальних свердловин за кордоном.

У ці ж роки окремі інтервали тридцяти восьми свердловин бурили з продуванням вибою стисненим повітрям, пінама або аерованим розчином. Водночас швидкість буріння і проходження одним долотом істотно зростала. На трьох свердловинах буріння в менілітових продуктивних відкладах з високопарафіністими смолами й асфальтенами було здійснено з продуванням вибою під час буріння стисненим азотом, природним газом та аерованим повітрям [14]. Цей складний експеримент виявився невдалим через охолодження пристовбурної зони до температур, за яких асфальтени й смоли випадали в цій зоні й повністю ізолювали колектор від свердловини.

Одним з дуже складних експериментів тих часів було розкриття продуктивного колектора розвідувальною свердловиною на структурі Великі Мости в межах Волино-Подільської платформи з продуванням під час буріння колектора пінним потоком, утворюваним за допомогою італійського компресора високого тиску Пінйоне. Гирло свердловини було обладнане обертовим превентором канадського виробництва. Інтервал 2000–2100 метрів було пробурено одним долотом за 20 годин. Під час розкриття колектора свердловина фонтанувала газом з кінцевою продуктивністю 96 тис. м³/добу. Різні дослідження характеру припливу газу тривали впродовж двох тижнів під час горіння газового факела. Виявилося, що пластовий тиск становив 0,9 від величини гідростатичного тиску. Спорудження розвідувальної свердловини мало завершитися спуском і цементацією експлуатаційної свердловини, через що газовий фонтан треба було заглушити. Після виконання всіх робіт свердловина виявилася “сухою”, і її списали з геологічних причин. Згодом підрахунок показав, що в процесі глушіння свердловини створювався тиск в 1,8 рази вищий від величини пластового тиску, а під час цементування колони він перевищував пластовий майже втричі. Очевидно, що внаслідок цих операцій привибійна зона пласта стала повністю непроникною для газу.

Упродовж кількох десятиліть на території Волино-Поділля геологічними дослідженнями в межах глибин до 2500 метрів виявлено понад сорок потенційних вуглеводневмісних структур, а родовище лише одне – Локачівське. Та й то лише через технологічну помилку буровиків, які не долили у свердловину бурового розчину під час підймання колони бурильних труб. На наш погляд, варто відновити буріння хоча б по одній свердловині на кожній структурі, але в проєктуванні треба передбачити розкриття продуктивного горизонту за тисків, набагато менших від гідростатичного. Власне буріння свердловин завглибшки до 2500 метрів може тривати 15–20 діб.

З початку 80-х років XX століття бурові бригади разом з усіма допоміжними службами України відрядили на бурові роботи на території Західного Сибіру й Півночі (фото 4). Для прикладу, у ті часи кількість щоденних авіарейсів для перевезення устаткування й персоналу з Івано-Франківська до Сибі-



Фото 1. Бурова установка “Уралмаш 3Д”



Фото 2. Патент України №91576. Спосіб будівництва куща свердловин на морі (С.М.Головін, П.І.Дякович, С.Д.Павлов, Р.І.Стефурак, Р.С.Яремійчук)

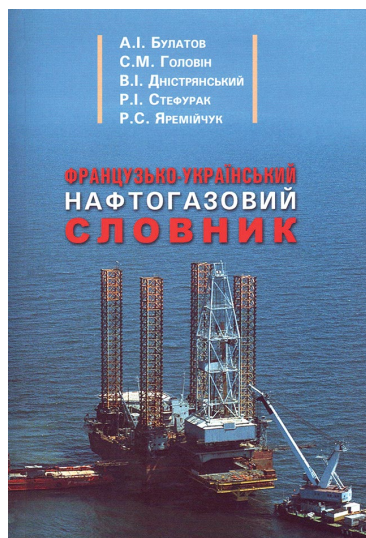


Фото 3. Обкладинка довідника “Французько-український нафтогазовий словник” під загальною редакцією Р. І. Стефурака, 2013 рік



Фото 4. Бурова вежа BB53-320

ру сягала 18. Сотні свердловин, пробурених зусиллями українських бригад, дали змогу досягти величезних обсягів видобутку нафти й газу в СРСР. Натомість на сході й заході України бурові роботи було припинено або обмежено до мінімуму.

У 90-ті роки ХХ століття під керівництвом видатного геолога й організатора виробництва П. Ф. Шпака було розроблено дві державні програми з нарощення видобутку нафти й газу на суші та в акваторії Чорного моря, що дістали схвалення уряду, а саме: національна програма “Нафта і газ України до 2010 р.” і державна програма “Освоєння вуглеводневих ресурсів Українського сектора Чорного і Азовського морів”. Згідно з цими програмами до 2010 року власний видобуток нафти й газового конденсату в Україні мав становити 5,416 млн тонн нафти й 24,5 млрд м³ газу, в акваторії Чорного моря видобуток газу мав сягнути 3 млрд м³ газу. Якби програми було втілено в життя, нині Україна була б набагато ближче до енергетичної незалежності.

Сьогодні триває процес відновлення в Україні геолого-розвідувального й експлуатаційного буріння свердловин. До роботи залучають як державні, так і приватні компанії. Проте темпи нарощення видобутку вуглеводнів поки що дуже повільні. Буріння свердловин завглибшки 5–6 тисяч метрів здебільшого зосереджено на окремих ділянках ДДВ. Щоб збільшити обсяги буріння свердловин, треба вкласти великі кошти в придбання бурових верстатів, доліт, інструменту. Персонал бурових бригад має опанувати новітні технології.

Проекту буріння варто розділити на дві частини. Втілення в життя першої покликане забезпечити максимальну швидкість буріння від початку до досягнення покрівлі продуктивних пластів. Це можливо в разі науково обґрунтованої конструкції свердловини, використання сучасних бурових доліт, вибійних двигунів, компонування низу бурильної колони, режимів буріння, досконалих типів промивних рідин і способів регулювання їхніх властивостей [3, 4]. Особливо актуальним стає вибір відповідно до фізико-механічних властивостей порід [2, 9] типу бурових доліт та їхньої раціональної відробки [3], а також запобігання ускладненням та аваріям у процесі заглиблення стовбура свердловини [6].

Друга частина проекту передбачає обґрунтування конструкції вибою свердловини; технології розкриття продуктивних пластів і наступного відновлення погіршених у процесі їхнього розкриття фільтраційних характеристик; технології виклику припливу в процесі освоєння та введення свердловини в експлуатацію. Всі відомі й доступні методи відновлення або навіть поліпшення фільтраційних характеристик пласта-колектора мають бути передбачені в цій частині проекту [5].

Під час утілення в життя першої й другої частин варто використовувати сервісну систему виконання окремих типів робіт із залученням фахівців з цих типів робіт. Передусім це стосується регулювання властивостей промивальних розчинів, режимів їхньої циркуляції у свердловині, а також процесів кріплення свердловини. Сервісні компанії треба залучати до всіх типів робіт з відновлення фільтраційних характеристик пластів-колекторів.

Сьогодні світова практика буріння дає змогу з одного майданчика бурити десять і більше свердловин з різним азимутальним спрямуванням їхніх стовбурів. Радіус викривлення залежно від геологічних потреб може бути великим (до 300 метрів) і малим (у межах 50–60 метрів). Новітні роботи було здійснено у 2012–2013 роках під час розбурювання Одеського газоконденсатного родовища на шельфі Чорного моря буровою установкою сингапурського виробництва (фото 3). Всього було пробурено вісім похило-скерованих і горизонтальних свердловин. До початку розбурювання свердловин одночасно з монтажем самопідіймальної бурової установки було прокладено газопровід дном Чорного моря на відстані 80 км від берега, а також змонтовано систему збирання й транспортування конденсату. Пробурені свердловини відразу вводили в експлуатацію й далі транспортували газ через газопровід. Буріння всіх свердловин у зоні продуктивного горизонту, крім другої, здійснювалося без ускладнень завдяки регулюванню тиску під час розкриття пласта відповідно до технології зменшення тиску в умовах виникнення воронок депресії [10], що її запропонували С. М. Головін, П. І. Дякович, С. Д. Павлов, Р. І. Стефурак і Р. С. Яремійчук (фото 2). На другій свердловині довелося ліквідувати поглинання промивальної рідини й наступне фонтанування газу, оскільки це

зниження тиску не було враховане. Отриманий досвід мав бути застосований під час буріння на інших родовищах Чорного моря, але внаслідок анексії Криму роботи припинено. Звісно, розроблення нових нафтових і газових родовищ на материковій частині України має здійснюватися за прикладом Одеського родовища незалежно від глибини залягання покладів, бо це розв'язує проблему відведення землі та ще й сприяє істотному підвищенню коефіцієнта нафтогазовилучення, зменшує всі витрати на буріння свердловин, їхню експлуатацію та транспортування нафти й газу.

У 2011 році на східній частині шельфу Чорного моря ДАТ “Чорноморнафтогаз” відкрило унікальне нафтогазо-конденсатне Субботинське родовище, продуктивні горизонти якого розміщуються на глибинах від 1200 до 2400 метрів і яке передбачалося розбурювати горизонтальними свердловинами та мережею похило-скерованих свердловин за допомогою колтубінгових установок.

В Україні великі перспективи пов'язували з видобутком нафти на дні Чорного моря за глибини води 2200 метрів і газоконденсату на схилі Чорного моря за глибини води 1600 метрів, у яких, за даними президента нафтогазодобувної компанії “Хант Ойл” Джеймса Б. Дженнінгса і Ю. Макогона, містяться величезні запаси нафти й газоконденсату. Розв'язанню проблем видобутку вуглеводнів під дном Чорного моря присвячені роботи Р. Яремійчука, опубліковані в газеті “Урядовий кур'єр” (12 березня 2020 року, № 47) під назвою “Скарби Чорного моря. Ресурси надр” та в журналі “Вісник НТШ” (№ 63) під назвою “Чорне море – день прийдеший. Освоєння вуглеводневих ресурсів”. В умовах окупації Криму Російською Федерацією залишаються лише можливості розвідувальних робіт у західній частині шельфу Чорного моря, де за даними тривимірної сейсміки містяться десять перспективних структур. У цій статті ми не розглядаємо сучасних технологій інтенсифікації припливів вуглеводнів до свердловин. На сьогодні їх найповніше описано в монографіях і публікаціях [1, 5, 7, 8, 12, 13]. Над удосконаленням наявних і розробленням нових технологій донедавна працювали потужні науково-дослідні інститути, як-от УкрДГРІ, УкрДіпро-НДІнафта, УкрНДІгаз та Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу. За останні 10–15 років їх припинили фінансувати. Звідси й наша залежність від досягнень закордонних компаній.

Висновки

З огляду на нинішній стан видобутку нафти й газу в Україні, уряд має подбати про збільшення фінансування науково-технічних програм і заходів зі стабілізації й нарощування видобутку цих корисних копалин, зокрема й завдяки бурінню нових глибоких вертикальних і похило-скерованих свердловин, відновленню фонду законсервованих свердловин та інтенсифікації свердловин на виснажених родовищах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Булатов А. І. Освоєння нафтових і газових свердловин. Наука і практика. (Монографія)/А. І. Булатов, Ю. Д. Качмар, О. В. Савенко, Р. С. Яремійчук. – Л.: СПОЛОМ, 2018. – 476 с.
2. Буріння свердловин: у 5 т./М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. – Т. 1. – 367 с.
3. Буріння свердловин: у 5 т./М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. – Т. 2. – 303 с.
4. Буріння свердловин: у 5 т./М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. – Т. 3. – 294 с.
5. Буріння свердловин: у 5 т./М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. – Т. 4. – 608 с.

6. Буріння свердловин: у 5 т./М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. – Т. 5. – 376 с.

7. Качмар Ю. Д., Світлицький В. М., Синюк Б. Б., Яремійчук Р. С. Інтенсифікація припливів вуглеводнів у свердловину. – Львів: Центр Європи, 2004. – Кн. 1. – 352 с.

8. Качмар Ю. Д., Світлицький В. М., Синюк Б. Б., Яремійчук Р. С. Інтенсифікація припливів вуглеводнів у свердловину. – Львів: Центр Європи, 2004. – Кн. 2. – 414 с.

9. Мислюк М. А., Зарубін Ю. О. Моделювання явищ і процесів у нафтогазопромисловій справі: Навчальний підручник. – Івано-Франківськ: Екор, 1999. – 496 с.

10. Патент 91576 UA, МПК(2014.01), Е 21В 7/00, С 09 К 8/02(2006.01). Спосіб будівництва куща свердловин на морі/С. М. Головін, П. І. Дякович, С. Д. Павлов, Р. І. Стефурак, Р. С. Яремійчук, заявник Публічне акціонерне товариство “Державне акціонерне товариство “Чорноморнафтогаз” – № U 201401063; заявл. 04.02.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. №13.

11. Яремійчук Р. С. Буріння нафтових і газових свердловин: вчора, сьогодні, завтра//Прикарпатський вісник НТШ. – 2018. – № 2 (46). – С. 192–196.

12. Яремійчук Р. С. Теорія і практика освоєння свердловин та сучасні методи інтенсифікації припливів вуглеводнів до свердловин//Геотехнології. – 2019. – № 2. – С. 12–15.

13. Яремійчук Р. С., Яремійчук Я. С. Освоєння свердловин: Довідникове видання. – Львів: Центр Європи, 2007. – 368 с.

14. Яремійчук Р. С., Семак Г. Г. Обеспечение надежности и качества стволов глубоких скважин. – М.: Недра, 1982. – 264 с.

REFERENCES

1. Bulatov A. I. Development of oil and gas wells. Science and Practice/A. I. Bulatov, Yu. D. Kachmar, O. V. Savenok, R. S. Yaremychuk. – Lviv: SPOLOM, 2018. – 476 p. (In Ukrainian).
2. Drilling of wells: Handbook in 5 volumes/M. A. Mysliuk, I. Y. Rybchych, R. S. Yaremychuk. – Kyiv: Interpres LTD, 2002. – Vol. 1. – 367 p. (In Ukrainian).
3. Drilling of wells: Handbook in 5 volumes/M. A. Mysliuk, I. Y. Rybchych, R. S. Yaremychuk. – Kyiv: Interpres LTD, 2002. – Vol. 2. – 303 p. (In Ukrainian).
4. Drilling of wells: Handbook in 5 volumes/M. A. Mysliuk, I. Y. Rybchych, R. S. Yaremychuk. – Kyiv: Interpres LTD, 2002. – Vol. 3. – 294 p. (In Ukrainian).
5. Drilling of wells: Handbook in 5 volumes/M. A. Mysliuk, I. Y. Rybchych. – Kyiv: Interpres LTD, 2002. – Vol. 4. – 608 p. (In Ukrainian).
6. Drilling of wells: Handbook in 5 volumes/M. A. Mysliuk, I. Y. Rybchych, R. S. Yaremychuk. – Kyiv: Interpres LTD, 2002. – Vol. 5. – 376 p. (In Ukrainian).
7. Kachmar Yu. D., Svitlytskyi V. M., Suniuk B. B., Yaremychuk R. S. Intensification of hydrocarbon inflows into the well. – Lviv: Tsentr Yevropy, 2004. – Book 1. – 352 p. (In Ukrainian).
8. Kachmar Yu. D., Svitlytskyi V. M., Suniuk B. B., Yaremychuk R. S. Intensification of hydrocarbon inflows into the well. – Lviv: Tsentr Yevropy, 2004. – Book 2. – 414 p. (In Ukrainian).
9. Mysliuk M. A., Zarubin Yu. O. Modeling of phenomena and processes in the oil and gas industry: Textbook. – Ivano-Frankivsk: Ekor, 1999. – 496 p. (In Ukrainian).
10. Patent 91576 UA, IPC (2014.01), E 21B 7/00, C 09 K 8/02 (2006.01). Method of construction of a well bush at sea /S. M. Holovin, P. I. Diakovych, S. D. Pavlov, R. I. Stefurak, R. S. Yaremychuk, applicant Public Joint Stock Company “State Joint Stock Company “Chornomornaftogaz.” – № U 201401063; declared 04.02.2014; publ. 10.07.2014, Bull. №13. (In Ukrainian).
11. Yaremychuk R. S. Drilling of oil and gas wells: yesterday, today, tomorrow//Prykarpatskyi visnyk NTSh. – 2018. – № 2 (46). – P. 192–196. (In Ukrainian).
12. Yaremychuk R. S. Theory and practice of well development and modern methods of intensification of hydrocarbon inflows to wells//Heotekhnolohii. – 2019. – № 2. – P. 12–15. (In Ukrainian).
13. Yaremychuk R. S., Yaremychuk Ya. S. Well development: Handbook. – Lviv: Tsentr Yevropy, 2007. – 368 p. (In Ukrainian).
14. Yaremychuk R. S., Semak H. H. Ensuring the reliability and quality of deep wells. – Moskva: Nedra, 1982. – 264 p. (In Russian).

Рукопис отримано 15.09.2021.

УДК 622.279.5

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.28-32>

С. В. МАТКІВСЬКИЙ, доктор філософії, начальник відділу проєктування систем розробки родовищ вуглеводнів (Український науково-дослідний інститут природних газів, м. Харків), matkivskyi.sergey@endigas.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4139-1381>

S. MATKIVSKYI, PhD, head of the hydrocarbon fields development planning department (Ukrainian scientific-research institute of natural gases, Kharkiv), Ukraine, matkivskyi.sergey@endigas.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4139-1381>

РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБВОДНЕННЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ ПОКЛАДІВ ШЛЯХОМ ЦИКЛІЧНОГО НАГНІТАННЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

REGULATION OF THE WATER FLOODING PROCESS OF GAS CONDENSATE RESERVOIRS BY CYCLIC INJECTION OF CARBON DIOXIDE

Результати численних досліджень засвідчують високу ефективність регулювання процесу надходження пластової води в продуктивні поклади через нагнітання неуглеводневих газів поблизу початкового контуру газонасиченості. Для вдосконалення наявних технологій розробки газоконденсатних родовищ за водонапірного режиму досліджено ефективність циклічного нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивні поклади. Розрахунки проведено для різної тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю з використанням основних інструментів гідродинамічного моделювання Eclipse та Petrel компанії "Schlumberger". За результатами розрахунків встановлено, що збільшення тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю призводить до зменшення тривалості періоду розробки покладу до моменту прориву діоксиду вуглецю. Швидкий прорив неуглеводневого газу до видобувних свердловин призводить до їхнього відключення для забезпечення кондиції видобувного газу галузевим стандартам. Це також призводить до зниження технологічних показників розробки продуктивних покладів. Однак, аналізуючи результати досліджень, варто зазначити, що нагнітання діоксиду вуглецю в поклад на початковому газоводяному контакті сповільнює надходження пластової води в газонасичені горизонти. За результатами оброблення розрахункових даних оптимальне значення тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю в поклад становить 7,89 місяця. Кінцевий коефіцієнт газовилучення для оптимального значення тривалості циклу нагнітання становитиме 64,14 %, а під час розробки на виснаження – 54,31 %. Результати проведених досліджень свідчать про технологічну ефективність нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивний поклад на межі початкового газоводяного контакту для регулювання процесу надходження законтурних вод у газонасичені горизонти та збільшення кінцевого коефіцієнта вилучення газу.

Ключові слова: тривимірний модель, газоконденсатний поклад, газоводяний контакт, обводнення, защемлений газ, підвищення вуглеводневилучення, неуглеводневі гази.

The results of numerous studies prove the high efficiency of regulating the flow of formation water into productive reservoirs by injecting non-hydrocarbon gases near the initial gas contour. In order to improve the existing technologies for the development of fields in a water drive, a study of the effectiveness of cyclic injection of carbon dioxide into a gas condensate reservoir was carried out. The study was conducted for varying carbon dioxide injection cycle times using Schlumberger's Eclipse and Petrel simulation tools. According to the results of calculations, it was found that an increase in the duration of the injection cycle of carbon dioxide leads to a decrease in the duration of the development period of the reservoir until the moment of breakthrough of carbon dioxide. Rapid breakthrough of non-hydrocarbon gases into production wells results in shutdowns in order to maintain production gas condition to industry standards. This, in turn, leads to a decrease in the technological indicators of the development of a productive reservoir. However, analyzing the research results, it should be noted that the injection of carbon dioxide into the reservoir at the initial gas-water contact leads to a slowdown in the flow of formation water into the gas-saturated horizons. Based on the results of processing the calculated data, the optimal value of the duration of the cycle of injecting carbon dioxide into the reservoir was established, which is 7.89 months. The final gas recovery factor for the optimal value of the injection cycle time is 64.14 %, and in the case of depletion development – 54.31 %. The results of the studies carried out indicate the technological efficiency of injecting carbon dioxide into the productive reservoir on the boundary of the initial gas-water contact in order to regulate the process of inflow of edge waters into gas-saturated horizons and increase the final gas recovery factor.

Keywords: 3D model, gas condensate reservoir, gas-water contact, water encroachment, trapped gas, enhanced recovery, non-hydrocarbon gases.

Вступ

Переважає більшість родовищ, що забезпечують основний видобуток вуглеводнів, – багатопластові й характеризуються високим ступенем виробленості, зниженням рівнів видобутку та збільшенням обводненості видобувної продукції. Попри високу обводненість, у виснажених покладах наявні слабо дренавані зони як за площею покладу, так і за розрізом, що мають великий потенціал нарощення видобутку вуглеводнів [9].

Згідно з промисловим досвідом розробки родовищ природних газів, видобувні свердловини зазвичай розміщують нерівномірно на площі газонасиченості продуктивних покладів з ущільненням у центральній частині. За таких умов у про-

цесі розробки відбувається нерівномірне надходження води в газонасичену частину покладів з випереджувальним рухом фронту витіснення найбільш проникними та дренаваними зонами.

Коефіцієнт вилучення газу в умовах надходження крайових чи підшовних вод у газоконденсатні поклади становить 70–85 % [8, 14]. Зважаючи на низькі значення кінцевого газовилучення, можна стверджувати, що прояв активного водонапірного режиму зумовлює защемлення значних об'ємів природного газу в поровому середовищі.

Складність видобутку залишкових запасів вуглеводнів з виснажених обводнених газових і газоконденсатних родовищ пов'язана з низькими значеннями пластового тиску, низькодебітністю та обводненням свердловин з різними ускладненнями в процесі їхньої експлуатації [10].

Тісний контакт природного газу з пластовою водою створює сприятливі умови для гідратуутворення в шлейфах і трубопроводах. Боротьба з гідратуутворенням потребує додаткових фінансових витрат, що з економічного погляду інколи недоцільно через незначний видобуток природного газу, порівнюючи з об'ємами видобутку пластової води.

В умовах гострого дефіциту вуглеводневої сировини перспективним напрямом діяльності є інтенсифікація видобутку з газових і газоконденсатних родовищ, що характеризуються водонапірним режимом розробки.

Постанова проблеми

Для підвищення вуглеводневилучення з виснажених та обводнених газоконденсатних покладів проведено велику кількість теоретичних та експериментальних досліджень. На основі отриманих результатів розкрито механізм поведінки защемленого пластовою водою газу в поруватому середовищі та розроблено значну кількість технологій і методів його видобутку [13, 15]. Однак проблема підвищення газовилучення з родовищ, що розробляються в умовах надходження підшовних чи крайових вод у газонасичені пласти, залишається актуальною й важливою для світової практики видобування вуглеводнів.

Зважаючи на вищенаведене, постає потреба в проведенні додаткових досліджень для вдосконалення наявних технологій і методів розробки родовищ та зменшення негативного впливу пластової води на процес видобутку вуглеводнів.

Виклад основного матеріалу

Більшість родовищ вуглеводнів пристосована до пластових водонапірних систем і розробляється за водонапірного режиму, в умовах надходження в газонасичені горизонти підшовних чи крайових вод. Результатом цього є защемлення водою в поруватому середовищі значних об'ємів природного газу та передчасне зупинення більшості видобувних свердловин [19].

Для регулювання розробки родовищ природних газів в умовах прояву водонапірного режиму та контролю за просуванням пластових вод запропоновано багато методів і технологій. Однак розроблені рішення зазвичай малоефективні, оскільки не враховують неоднорідності колектора й характеру поширення фільтраційно-емісійних властивостей як за площею, так і за розрізом продуктивного покладу.

Відомі такі методи регулювання надходження пластової води в газонасичені горизонти [1, 3–7, 11]:

- Запобігання надходженню пластової води в продуктивні поклади за допомогою водовідбірних свердловин, які розміщені поблизу початкового контуру газонасиченості. Застосування цього методу зумовлює видобування й утилізацію великих об'ємів пластової води.

- Запобігання надходженню води в газонасичені горизонти через створення на межі початкового газоводяного контакту непронижного бар'єра (екрана) з в'язких агентів, які нагнітають у пласт за допомогою спеціальних свердловин. Метод технологічно недоцільний, зважаючи на те, що створити суцільний непронижний екран на всій товщині пласта й периметрі газового родовища неможливо.

- Обґрунтування раціональної системи розробки покладів шляхом вибору оптимальної кількості свердловин, системи розміщення їх на площі, технологічних режимів їхньої експлуатації для забезпечення рівномірного просування пластової води площею й розрізом покладів.

- Регулювання надходження води в родовище через створення водоізоляційних бар'єрів на водонебезпечних на-

прямках унаслідок запомпювання газоподібних чи рідких агентів для зниження фазової проникності. Цей метод малоефективний, оскільки вода обходить створені навколо свердловин водоізоляційні екрани й далі надходить у поклади.

- Контроль і регулювання просування пластової води в продуктивні поклади завдяки перерозподілу відборів газу між свердловинами, розміщеними на різних ділянках пласта. Досягнути цього можливо в разі зменшення темпів відбирання газу або зупинення окремих свердловин, розміщених на водонебезпечних напрямках, і збільшення темпів відбирання газу або буріння нових свердловин на ділянках сповільненого просування води. Однак упровадження вищезазначених заходів малоефективне, оскільки попри перерозподіл темпів відбирання газу між свердловинами, вода й далі надходитиме в поклади внаслідок наявного перепаду тиску між законтурною водоносною і газонасиченою зонами пласта.

- Регулювання просування води в родовище через експлуатацію обводнених свердловин, розміщених на водонебезпечних напрямках. В основу цього методу покладений механізм поведінки защемленого газу в обводнених покладах у разі зниження пластового тиску. Головні труднощі під час застосування цього методу пов'язані з відбиранням та утилізацією великих об'ємів води.

Поряд з проблемою регулювання просування пластової води в продуктивні поклади є потреба у вилученні мікро- та макрозащемленого газу в умовах гострого дефіциту вуглеводневої сировини.

Перспективним напрямом підвищення газовилучення згідно з результатами численних досліджень є витіснення залишкового газу шляхом нагнітання неуглеводневих газів. Як агенти нагнітання в продуктивні поклади використовують азот, діоксид вуглецю, димові й викидні гази, суміші різних газів тощо [16, 18, 20, 22].

Технологія нагнітання неуглеводневих газів на сьогодні є однією з успішних технологій вторинного видобутку вуглеводнів. Численні дослідження процесу нагнітання неуглеводневих газів для підвищення кінцевих коефіцієнтів вилучення вуглеводнів підтверджують їхню ефективність [17, 21, 23].

З огляду на актуальність проблеми обводнення продуктивних покладів та видобувних свердловин не тільки для нафтогазової галузі України, а й для світової практики видобування вуглеводнів, доцільно проводити додаткові дослідження з використанням цифрового моделювання.

Для вдосконалення наявних технологій розробки продуктивних покладів в умовах прояву водонапірного режиму проведено дослідження з використанням основних інструментів гідродинамічного моделювання на основі гіпотетичних тривимірних моделей газоконденсатних покладів. Для врахування фізичних процесів під час фільтрації газу в пласті в разі нагнітання діоксиду вуглецю створено композиційну PVT-модель з використанням модуля PVTi програмного забезпечення Eclipse [2, 12].

Газоконденсатний поклад розробляється на виснаження з використанням п'яти видобувних свердловин, дебіт яких становить 56 тис. м³/доб. Нагнітання діоксиду вуглецю здійснюється на початковому газоводяному контакті з прийнятною на рівні 58 тис. м³/доб для циклів нагнітання тривалістю в 6, 7, 8, 9, 10 та 11 місяців.

Результати моделювання свідчать про те, що завдяки впровадженню технології нагнітання діоксиду вуглецю забезпечується більша надійність видобувних можливостей газоконденсатного покладу.

Аналізуючи залежність часу прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин, треба зазначити: збільшення тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю призводить до зменшення тривалості періоду експлуатації видобувних свердловин до моменту його прориву.

Залежність часу прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин від тривалості періоду його нагнітання наведено на рис. 1.

На основі результатів моделювання розраховано основні технологічні показники розробки продуктивного покладу залежно від тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю. Результати проведених розрахунків наведено в таблиці.

Згідно з результатами досліджень, збільшення тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю призводить до зниження обсягу видобутку вуглеводнів. Зумовлені такі результати зменшенням тривалості дорозробки покладу до моменту прориву агента нагнітання до видобувних свердловин у разі збільшення тривалості циклу нагнітання.

Аналізуючи стан обводненості продуктивного покладу на момент прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин при тривалості циклу нагнітання дев'ять місяців та при розробці покладу на виснаження встановлено, що у випадку нагнітання діоксиду вуглецю поточний газоводяний контакт піднімається повільніше, порівнюючи з розробкою на виснаження. На основі результатів моделювання можна стверджувати про ефективність впровадження технології нагнітання діоксиду вуглецю на початковому газоводяному контакті для сповільнення надходження пластової води в продуктивні поклади.

Стан обводненості газоконденсатного покладу при розробці на виснаження та при тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю на рівні дев'ять місяців на момент його прориву у видобувні свердловини наведено на рис. 2.

За результатами досліджень проведено розрахунки коефіцієнтів вилучення газу за величиною видобутку пластової води на момент прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин. Коефіцієнт вилучення газу залежно від тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю на момент його прориву у видобувні свердловини становить:

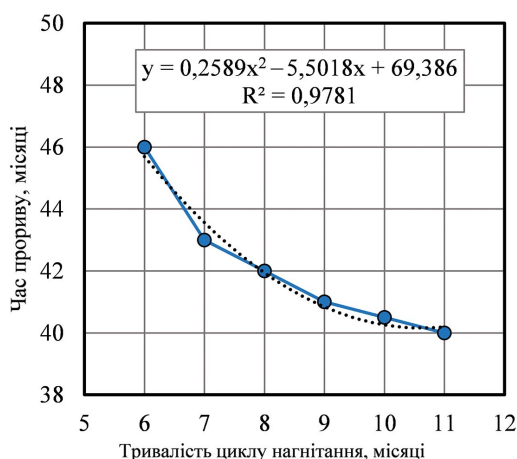


Рис. 1. Залежність часу прориву діоксиду вуглецю до видобувних свердловин від тривалості циклу його нагнітання

6 місяців – 48,75 %; 7 місяців – 45,43 %; 8 місяців – 44,38 %; 9 місяців – 43,80 %; 10 місяців – 43,24 %; 11 місяців – 42,93 %.

Залежності коефіцієнта вилучення газу від тривалості циклів нагнітання діоксиду вуглецю на момент його прориву у видобувні свердловини та при розробці покладу на виснаження наведено на рис. 3.

За результатами статистичного оброблення розрахункових даних визначено оптимальне значення тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивний поклад, за межами якого коефіцієнт газовилучення змінюється незначно. На момент прориву діоксиду вуглецю у видобувну свердловину оптимальне значення тривалості циклу нагнітання становить 7,89 місяця. Кінцевий коефіцієнт газовилучення для

Таблиця. Результати розрахунків накопиченого видобутку вуглеводнів і коефіцієнта вилучення газу від тривалості циклів нагнітання діоксиду вуглецю на кінець розробки продуктивного покладу

Тривалість одного циклу нагнітання, місяці	Накопичений видобуток		
	газу, млн м ³	конденсату, тис. м ³	води, тис. м ³
6	547,8	30,2	99,2
7	529,1	29,2	72,4
8	511,8	28,2	46,2
9	505,6	27,8	35,3
10	501,7	27,7	29,8
11	499,9	27,6	27,4

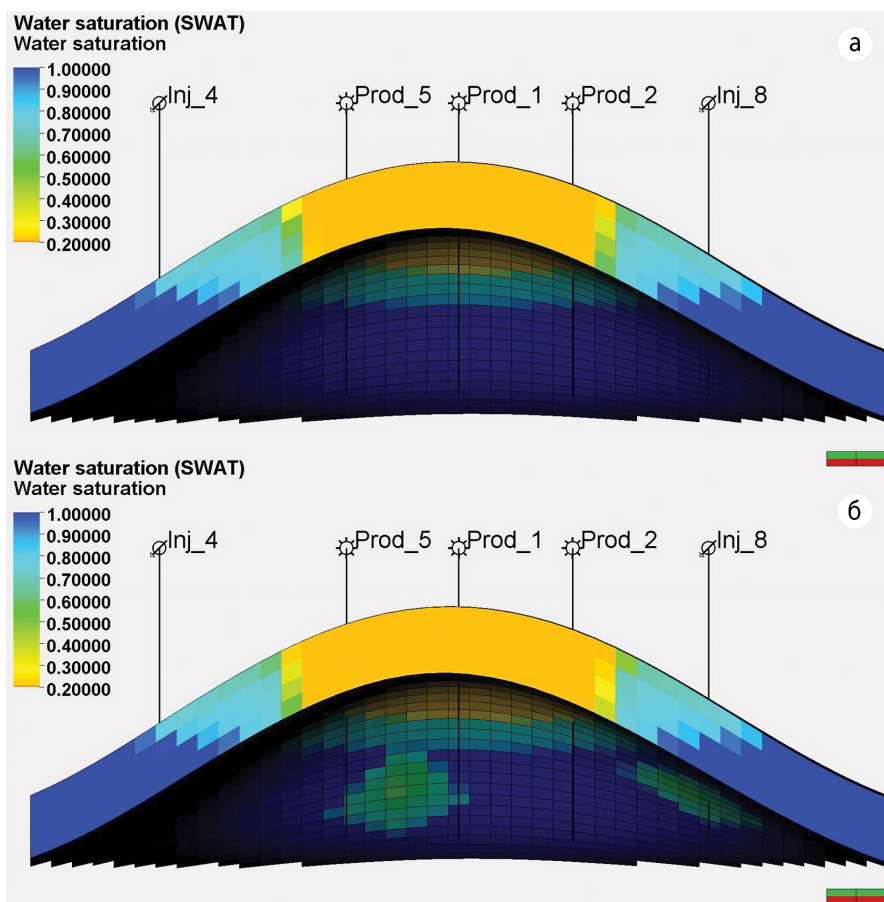


Рис. 2. Стан обводненості продуктивного покладу при розробці на виснаження (а) та при тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю на рівні дев'ять місяців (б) на момент його прориву у видобувні свердловини

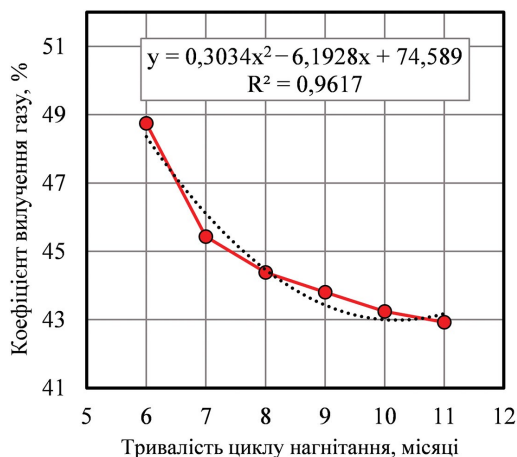


Рис. 3. Залежність коефіцієнта вилучення газу від тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю на момент його прориву у видобувні свердловини

наведеного оптимального значення тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю становитиме 64,14 %, а при розробці на виснаження – 54,31 %.

Результати проведених досліджень свідчать про технологічну ефективність нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивні поклади на межі початкового газоводяного контакту для сповільнення надходження пластової води в продуктивні поклади та збільшення кінцевого коефіцієнта вуглеводневилучення для умов конкретного покладу.

Висновок

За допомогою основних інструментів гідродинамічного моделювання Eclipse та Petrel компанії «Schlumberger» (США) досліджено вплив тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю на межі початкового газоводяного контакту на коефіцієнт газовилучення.

За результатами аналізу проведених розрахунків встановлено, що збільшення тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю призводить до зменшення тривалості періоду експлуатації видобувних свердловин до моменту прориву діоксиду вуглецю у видобувні свердловини. Впровадження технології нагнітання діоксиду вуглецю дає змогу регулювати процес надходження пластової води в продуктивні поклади газових і газоконденсатних родовищ шляхом створення гідродинамічного й фільтраційного опору на водонебезпечних напрямках та забезпечити підвищення кінцевого вуглеводневилучення.

На основі результатів моделювання визначено оптимальне значення тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю на межі початкового газоводяного контакту. На момент його прориву до видобувних свердловин оптимальне значення тривалості циклу нагнітання становить 7,89 місяця. Кінцевий коефіцієнт газовилучення для наведеного оптимального значення тривалості циклу нагнітання діоксиду вуглецю становитиме 64,14 %, а при розробці на виснаження – 54,31 %.

Результати проведених досліджень свідчать про високу технологічну ефективність технології нагнітання діоксиду вуглецю в поклад для контролю надходження пластової води в газонасичені горизонти та збільшення кінцевого коефіцієнта вуглеводневилучення для умов конкретного покладу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аникеев Д. П. Возможности увеличения КИГ при разработке залежей газа с подошвенной водой/Д. П. Аникеев, С. Н. Закиров, Р. М. Кондрат//Газовая промышленность. – 2013. – № 09 (695). – С. 51–53.

2. Бурачок О. В., Перишин 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. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.43-48>

3. Довідник з нафтогазової справи /В. С. Бойко, Р. М. Кондрат, Р. С. Яремійчук. – К.: Львів, 1996. – 620 с.

4. Закиров С. Н. Новые принципы и технологии разработки месторождений нефти и газа. Часть 1/С. Н. Закиров, Э. С. Закиров, М. Н. Батанова и др. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2004. – 520 с.

5. Закиров С. Н. Новые принципы и технологии разработки месторождений нефти и газа. Часть 2/С. Н. Закиров, И. М. Индрупский, Э. С. Закиров и др. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2009. – 484 с.

6. Закиров С. Н. Разработка газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений/С. Н. Закиров. – М.: Струна, 1998. – 628 с.

7. Закиров С. Н. Теория и проектирование разработки газовых и газоконденсатных месторождений: учебн. пос. для вузов/С. Н. Закиров. – М.: Недра, 1980. – 334 с.

8. Кондрат Р. М. Газоконденсатотдача пластов/Р. М. Кондрат. – М.: Недра, 1992. – 255 с.

9. Кондрат Р. М. Особливості завершальної стадії розробки родовищ нафти і газу/Р. М. Кондрат, В. М. Дорошенко, О. Р. Кондрат//Нафтогазова енергетика. – 2007. – № 1. – С. 17–21. <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/1303>

10. Рассохин Г. В. Завершающая стадия разработки газовых и газоконденсатных месторождений. – М.: Недра, 1997. – 184 с.

11. Совершенствование технологии разработки месторождений нефти и газа/Под ред. С. Н. Закирова. – М.: Грааль, 2000. – 643 с.

12. Burachok O., Pershyn D., Spyrou C., Turkarslan G., Nistor M., Grytsai D., Matkivskiy S., Bikman Y., Kondrat O.//Gas-Condensate PVT Fluid Modeling Methodology Based on Limited Data. 82nd eage conference & exhibition. – 8–11 December 2020, Amsterdam, The Netherlands. – P. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20201015>

13. Chierici G. L., Ciocci G. M. and Long G. 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.

14. Firoozabadi A., Olsen G. and Golf-Racht V. T. Residual Gas Saturation in Water-Drive Gas Reservoir, SPE California Regional Meeting held in Ventura, California, April 8–10, 1987, USA, P. 1–4 (319–322). <https://doi.org/10.2118/16355-MS>

15. 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, 29–38. <https://doi.org/10.2118/952029-G>

16. 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). – P. 12–17. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.215074>

17. Kryvulya S., Matkivskiy S., Kondrat O., Bikman Y. 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). – P. 13–18. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.217780>

18. 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. <https://doi.org/10.2118/77347-MS>

19. Matkivskiy S. Effects of the rate of natural gas production on the recovery factor during carbon dioxide injection at the initial gaswater contact//Technology and system of power supply. – 2021. – № 1/3 (57). – P. 6–11. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225603>

20. Matkivskiy S., Kondrat O. The influence of nitrogen injection duration at the initial gas-water contact on the gas recovery factor//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – Vol. 1. – № 6 (109). – P. 77–84. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224244>

21. Matkivskiy S., Kondrat O., Burachok O. Investigation of the influence of the carbon dioxide (CO₂) injection rate on the activity of the water pressure system during gas condensate fields development. – Global Trends, Challenges and Horizons. – Dnipro, Ukraine, November, 2020. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123001011>

22. Oldenburg C. M., Law D. H., Gallo Y. L. and White S. P. Mixing of CO₂ and CH₄ in Gas Reservoirs: Code Comparison Studies, USA,

Canada and New Zealand, 2003. – P. 1–5. <https://doi.org/10.1016/B978-008044276-1/50071-4>

23. Turta A. T., Sim S. S. K., Singhai A. K. and Hawkins B. F. Basic Investigations on Enhanced Recovery by Gas – Gas Displacement// Journal of Canada Petroleum Technology. – 2008. – Vol. 47. – № 10. – P. 1–6. <https://doi.org/10.2118/08-10-39>

REFERENCES

1. Anikeev D. P. Possibilities of increasing the gas flow rate during the development of gas deposits with bottom water/D. P. Anikeev, S. N. Zakirov, R. M. Kondrat//Gazovaya promyshlennost. – 2013. – № 09 (695). – P. 51–53. (In Russian).

2. Burachok O. V., Pershyn D. V., Matkivskiy S. V., Kondrat O. R. Evaluation of black-oil PVT-model applicability for simulation of gas-condensate reservoirs//Mineralni resursy Ukrainy. – 2020. – № 2. – P. 43–48. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.43-48> (In Ukrainian).

3. Handbook of oil and gas business /V. S. Boiko, R. M. Kondrat, R. S. Yaremiichuk. – Kyiv: Lviv, 1996. – 620 p. (In Ukrainian).

4. Zakirov S. N. New principles and technologies for the development of oil and gas fields. Part 1/S. N. Zakirov, Je. S. Zakirov, M. N. Batanova et al. – Moskva-Izhevsk: Institut compyuternykh tehnologij, 2004. – 520 p. (In Russian).

5. Zakirov S. N. New principles and technologies for the development of oil and gas fields. Part 2/S. N. Zakirov, I. M. Indrupskij, Je. S. Zakirov et al. – Moskva-Izhevsk: Institut compyuternykh tehnologij, 2009. – 484 p. (In Russian).

6. Zakirov S. N. Development of gas, gas condensate and oil and gas condensate fields/S. N. Zakirov. – Moskva: Struna, 1998. – 628 p. (In Russian).

7. Zakirov S. N. Theory and design of development of gas and gas condensate fields: textbook. pos. for universities/S. N. Zakirov. – Moskva: Nedra, 1980. – 334 p. (In Russian).

8. Kondrat R. M. Gas condensate recovery of layers. – Moskva: Nedra, 1992. – 255 p. (In Russian).

9. Kondrat R. M. Peculiarities of the final stage of development of oil and gas fields/R. M. Kondrat, V. M. Doroshenko, O. R. Kondrat//Naftohazova enerhetyka. – 2007. – № 1. – P. 17–21. <http://clar.nung.edu.ua/handle/123456789/1303> (In Ukrainian).

10. Rassohin G. V. The final stage of the development of gas and gas condensate fields. – Moskva: Nedra, 1997. – 184 p. (In Russian).

11. Improving the technology of oil and gas fields development/ S. N. Zakirov. – Moskva: Graal, 2000. – 643 p. (In Russian).

12. Burachok O., Pershyn D., Spyrou C., Turkarslan G., Nistor M., Grytsai D., Matkivskiy S., Bikman Y., Kondrat O.//Gas-Condensate PVT Fluid Modeling Methodology Based on Limited Data. 82nd eage conference & exhibition. – 8–11 December 2020, Amsterdam, The Netherlands. – P. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20201015>

13. Chierici G. L., Ciocci G. M. and Long G. 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.

14. Firoozabadi A., Olsen G. and Golf-Racht V. T. Residual Gas Saturation in Water-Drive Gas Reservoir, SPE California Regional Meeting held in Ventura, California, April 8–10, 1987, USA, P. 1–4 (319–322). <https://doi.org/10.2118/16355-MS>

15. 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, 29–38. <https://doi.org/10.2118/952029-G>

16. 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). – P. 12–17. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.215074>

17. Kryvulya S., Matkivskiy S., Kondrat O., Bikman Y. 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). – P. 13–18. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.217780>

18. 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. <https://doi.org/10.2118/77347-MS>

19. Matkivskiy S. Effects of the rate of natural gas production on the recovery factor during carbon dioxide injection at the initial gaswater contact//Technology and system of power supply. – 2021. – № 1/3 (57). – P. 6–11. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225603>

20. Matkivskiy S., Kondrat O. The influence of nitrogen injection duration at the initial gas-water contact on the gas recovery factor//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – Vol. 1. – № 6 (109). – P. 77–84. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224244>

21. Matkivskiy S., Kondrat O., Burachok O. Investigation of the influence of the carbon dioxide (CO₂) injection rate on the activity of the water pressure system during gas condensate fields development. – Global Trends, Challenges and Horizons. – Dnipro, Ukraine, November, 2020. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123001011>

22. Oldenburg C. M., Law D. H., Gallo Y. L. and White S. P. Mixing of CO₂ and CH₄ in Gas Reservoirs: Code Comparison Studies, USA, Canada and New Zealand, 2003. – P. 1–5. <https://doi.org/10.1016/B978-008044276-1/50071-4>

23. Turta A. T., Sim S. S. K., Singhai A. K. and Hawkins B. F. Basic Investigations on Enhanced Recovery by Gas – Gas Displacement//Journal of Canada Petroleum Technology. – 2008. – Vol. 47. – № 10. – P. 1–6. <https://doi.org/10.2118/08-10-39>

Рукопис отримано 18.09.2021.



**ШАНОВНІ НАУКОВЦІ
З ГЕОЛОГІЧНОГО НАПРЯМУ!**

Запрошуємо вас до співпраці!
Пропонуємо сторінки нашого видання
для висвітлення ваших наукових досліджень.

У 2020 році 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"**



**КАТАЛОГ
ВИДАНЬ УКРАЇНИ**
ПРЕСА ПОШТОЮ

Журнал
**МІНЕРАЛЬНІ
РЕСУРСИ УКРАЇНИ**
www.presa.ua



УДК [553.98:[551.24.056+551.733]:550.8].(477.81/.82)

 <https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.33-36>

Т. В. СУШКО, аспірантка кафедри екологічної та інженерної геології і гідрогеології (Львівський національний університет імені Івана Франка),
tetiana.sushko@lnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0215-9483>

T. SUSHKO, PhD student at the Department of Ecological and Engineering Geology and Hydrogeology (Ivan Franko National University of Lviv),
tetiana.sushko@lnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0215-9483>

ОСОБЛИВОСТІ ФАЦІЙ РИФІВ СИЛУРІЙСЬКОГО ВІКУ ВОЛИНО-ПОДІЛЛЯ

FEATURES OF FACIES OF REEFS OF THE SILURIAN AGE OF VOLYN-PODILLIA

На території Волино-Поділля силурійські відклади представлені потужними товщами теригенних і карбонатних відкладів, як-от мергелі, аргіліти, вапняки, доломіти тощо. Оскільки ці відклади мають високі колекторські властивості, вони перспективні на вуглеводні. Також глини слугують покривками для пасток нафти й газу. У промисловості їх часто використовують як будівельний матеріал.

Промислових скопчень вуглеводнів у карбонатних товщах Волино-Поділля поки ще не виявлено. Утім є численні ознаки нафтогазоносності цих відкладів у силурійських і верхньодевонських вапняках. У карбонатних товщах силурійського віку наявні нафтогазоперспективні рифогенні вапняки у трьох горизонтах: скальському, малиновецькому й баговицькому. Вони утворюють бар'єрний риф, який простягається від району Локачинського валу на північному заході до м. Чернівців на південному сході.

Дослідження має на меті визначити поширення рифових фацій силуру Волино-Поділля та горизонтів у цих відкладах; уточнити їхню стратиграфічну належність; показати роль тектонічних рухів у формуванні фацій і товщини рифогенних відкладів, а також окреслити можливості пошуків вуглеводнів у силурійських рифогенних утвореннях.

Ключові слова: Волино-Поділля, силурійські відклади, рифогенні горизонти, вуглеводні.

On the territory of Volyn-Podillya Silurian deposits are represented by thick strata of terrigenous and carbonate deposits, they are mainly represented by marls, argillites, limestones, dolomites, etc. Because these deposits have excellent reservoir properties, they are promising for hydrocarbons, and clays serve as oil and gas trap covers. In industry, they are often used as a building material.

Industrial accumulations of hydrocarbons in the carbonate strata of Volyn-Podillya have not yet been identified. However, there are numerous signs of oil and gas potential of these deposits in the Silurian and Upper Devonian limestones. In the carbonate strata of the Silurian age there are oil and gas-prospecting reef limestones in three horizons: Skal, Malynovets and Bahovytisia. They form a barrier reef that stretches from the area of Lokachynsky Val in the northwest to the city of Chernivtsi in the southeast.

Some samples of the core raised from rifogenic rocks of Silurian had an oil smell, smears and inclusion of liquid oil in cracks and cavities. Sometimes whole intervals of cavernous dolomites were impregnated with light oil. During the re-drilling of rifogenic rocks, stratification of drilling mud and oil film was recorded. In the process of testing limestones of the rock horizon in W. 12-Lokachi received a small influx of oil, and in W. 1-Volodymyrivska, a gas inflow with a flow rate of 1.4 thousand m³/day was obtained from the rocks of the Bahovytisia horizon. From Malinovetsky (W. 10, 15, 17-Lokachi) and Bagovytsky (W. 15-Lokachi) horizons, inflows of formation water with a significant amount of dissolved gas (96 % methane) and oil films were obtained.

Therefore, these data indicate the prospects of exploration of hydrocarbon deposits in the riphogenic carbonate strata of the Silurian age of Volyn-Podillya and their thorough study.

The main task of this article is: to determine the distribution of reef facies of the Silurian Volyn-Podillya and horizons in these deposits. Clarify their stratigraphic affiliation. Show the role of tectonic movements on the formation of facies and the thickness of reef deposits, as well as the possibility of searching for hydrocarbons in Silurian reef formations.

Keywords: Volyn-Podillya, Silurian deposits, reef horizons, hydrocarbons.

Вступ

Волино-Подільська плита в геологічному плані розміщується в південно-західній частині Східноєвропейської платформи, на північному сході межує з Українським кристалічним щитом, а на південному заході – з Передкарпатським прогином (рис. 1).

Силурійські відклади поширені в Україні на території Волино-Поділля, у північно-західній частині Передкарпатського прогину та в Західному Причорномор'ї. Вони є складовою частиною нижнього (палеозойського) структурного поверху осадового чохла західних областей України. Палеозойські відклади поступово занурюються на захід під кутом 30–35°, і їхня товщина в цьому напрямку збільшується. Вони утворюють монокліналь північно-західного простягання, нахилу на захід і південний захід, що ускладнюється місцевими плікативними порушеннями, флексурними перегибами та підняттями незамкненого контуру. На території Волино-Поділля вони займають велику площу і на всю товщину

відслонюються в межах берегових схилів Дністра, а також у долинах його приток – Збруча, Тернави та інших.

Мета роботи: визначити можливість перспективності розрізу рифових фацій Волино-Поділля.

Об'єкт дослідження: фації рифів Волино-Поділля.

У геологічній історії південно-західної країни Східноєвропейської платформи та прилеглої частини Передкарпатського прогину середній палеозой посідає особливе місце. З ним пов'язане формування потужної різнофаціальної товщі силуру й девону, яка різко відрізняється від підстильних і перекривальних відкладів і є відображенням геологічних процесів, що відбувалися на краю платформи під час її переходу від каледонського до герцинського етапу розвитку. Характер та інтенсивність цих процесів визначалися розміщенням регіону, який у тектонічному плані належав до зони перикратонних опускань, а в палеогеографічному був дном шельфового моря.

Силурійські відклади поділяються на такі горизонти: китайгородський і баговицький (венлокський ярус нижнього відділу), малиновецький (лудлівський ярус) та скальський

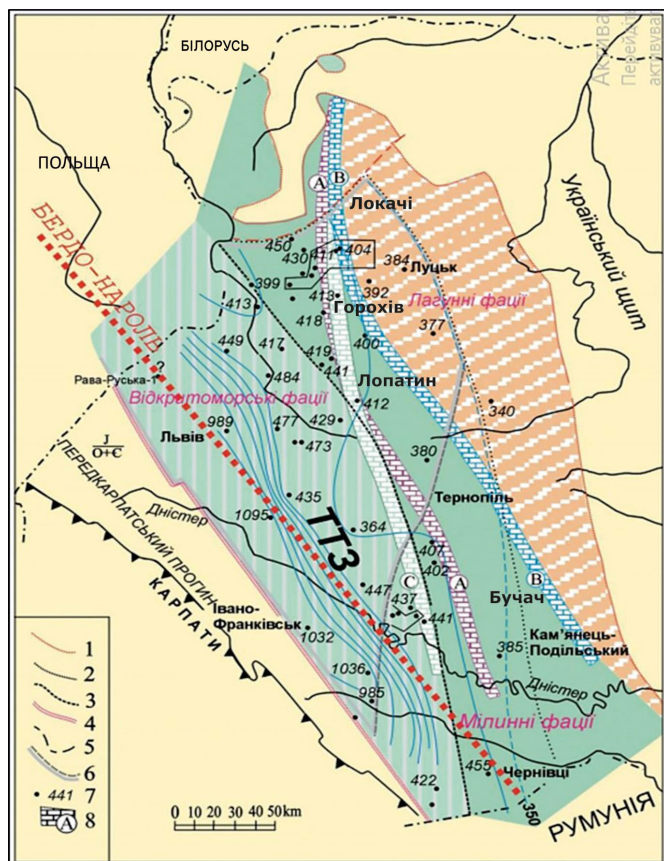


Рис. 1. Карта поширення фацій силурійських відкладів [1]

1–3 – східна межа поширення відкладів (1 – силуру, 2 – тиверської серії, 3 – дністерської серії); 4 – західна межа поширення відкладів силуру й девону; 5 – зони тектонічних порушень; 6 – межа поширення середньодевонських відкладів; 7 – товщина відкладів у свердловинах; 8 – розміщення біогермних бар'єрів (А – баговицького, В – малиновецького (конівського), С – скальського (ісаковецького) часу); ТТЗ – зона Тейссейра–Торнквіста

(пржидольський ярус верхнього відділу). Ці горизонти здебільшого складені вапняковими породами, товщина яких коливається в межах 350–450 м, і вапняково-глинистими – завтовшки 900 м (рис. 2).

Китайгородський горизонт (венлок) поширений у найбільш зануреній частині Львівського палеозойського прогину та в Передкарпатському прогині (у зоні Тейссейра–Торнквіста) і повністю глинистий. На території нашого дослідження його не виокремлюють.

У східній частині Волино-Подільської плити в баговицькому, малиновецькому та скальському горизонтах розвинені бар'єрні рифи, представлені різними органогенними вапняками й доломітами. У зарифових частинах розвинені доломіти з укріпленнями та прошарками ангідритів. Смуга розвитку бар'єрних рифів простягається з південного сходу на північний захід уздовж лінії: Чернівці – Бучач – Лопатин – Горохів – Локачі (рис. 1). Силурійські відклади без стратиграфічної перерви змінюються девонськими.

На Волино-Поділлі є різноманітні найменування світ, що беруть участь у геологічній будові регіону (таблиця). У процесі силурійського осадконагромадження на Волино-Подільській окраїні Східноєвропейської платформи сформувалися різнофаціальні відклади завтовшки 340–1102 м. Мінімальні значення товщин зафіксовано в східній частині регіону та вздовж південно-східної межі Львівського палеозойського прогину, де в розрізах переважають карбонатні відклади, максимальні – у Передкарпатському прогині та центральній частині Львівського палеозойського прогину, де поширені винятково аргіліти.

ПАЛЕОЗОЙСЬКА									
Силурійська, S				Девонська, D				Ератема	
Верхній		Нижній		Середній		Верхній		Система	
Венлокський		Лохківський		Емський		Франський		Відділ	
Лудлівський		Пржидольський		Празький		Фаменський		Ярус	
				Дністерська		Червоноградська		Серія	
				Тиверська				Літологія	
110		70		25		100		Товщина, м	
130		70		35		25		Літологічна характеристика	
110		70		35		25		Фаза складчастості	
Вапняки та доломіти. Вапняки біогермні, органігенні й детритові, масивні з прошарками аргілітів і алевролітів		Вапняки глинисті, аргіліти й мергелі. Вапняки коралові з прошарками доломітів і туфитів		Аргіліти та алевроліти з пластами пісковиків і прошарками вапняків. Вапняки та мергелі		Строкатоколірні пісковики і алевроліти, аргіліти та червоноколірні алевроліти		Алевроліти, аргіліти з прошарками пісковиків, доломіти, вапняки, нерідко доломітизовані, внизу доломітово-ангідритовий пласт і базальна пачка пісковиків	
Вапняки, деколи зі світлими ангідритами і доломітами. Вапняки переходять у вторинні доломіти, доломіти кавернозні та закарстовані								Герцинська	

Рис. 2. Стратиграфічна колонка відкладів Волино-Поділля [2]

Таблиця. Характеристика світ баговицького, малиновецького і скальського горизонтів силурійських відкладів Волино-Поділля

№ з/п	Назва світи	Товщина, м	Літологічна характеристика
Баговицький горизонт			
1	Баговицька	42–44	Лагунні седиментаційні доломіти й долерити з украленнями гіпсів та ангідритів
2	Конопківська	40–50	Органогенно-детритові, масивні вапняки, часто з брекчієподібною текстурою
3	Балучинська	45–70	Глинисті вапняки й мергелі з грудкуватою текстурою
4	Ладанецька	45–53	Темно-сірі аргіліти з проверстками глинистих і алевритистих вапняків, мергелів та алевролітів
Малиновецький горизонт			
5	Пудлівська	26–33	Темно-сірі долерити та дрібнозернисті доломіти з гіпсами й ангідритами
6	Галиновольська	37–40	Сірі, зернисті, масивні або брекчієподібні, органогенно-детритові, криноїдні вапняки
7	Семеринська	57–68	Сірі долерити й доломіти
8	Локачинська	0–70	Пелітоморфні або дрібнозернисті, масивні, кавернозні доломіти з проверстками долеритів і вапняків
9	Дітковецька	65–74	Масивні органогенно-детритові вапняки
10	Конівська та Сокільська	30–70	Грудкуваті глинисті вапняки й мергелі
11	Мерешівська	90–115	Аргіліти з лінзами і грудками пелітоморфних глинистих вапняків
12	Гринчуцька	18–19	Глинисті вапняки й мергелі
13	Радоставська	0–19	Темно-сірі щільні аргіліти
Скальський горизонт			
14	Несвіцька	0–12	Лагунні синювато-сірі, масивні долерити й вапнисті аргіліти з грудками ясно-сірого доломіту
15	Ісаковецька	0–12	Дрібнозернисті вапняки
16	Ордівська	0–12	Масивні, органогенно-детритові, дрібнозернисті й глинисті вапняки
17	Іспаська	0–12	Щільні, чорні аргіліти
18	Пригородська	0–22	Сірі й темно-сірі долерити з проверстками пелітоморфних або дрібнозернистих доломітів, гіпсів та ангідритів
19	Радощинська	0–22	Масивні, плитчасті доломіти з уламками криноїдів та строматопор
20	Маньківська	0–22	Сірі, пелітоморфні, масивні, однорідні вапняки
21	Задарівська	0–22	Глинисті, грудкуваті, пелітоморфні та дрібнозернисті вапняки
22	Кимирська	0–22	Темно-сірі, майже чорні, верстуваті, щільні вапнисті аргіліти
23	Сернівська	103–115	Чергування жовтувато- або темно-сірих, плитчастих, дрібнозернистих доломітів із долеритами й порівняно рідкими проверстками доломітизованих грудкуватих, глинистих вапняків
24	Варницька і Трубочинська	34–67	Грудкуваті глинисті вапняки, мергелі й аргіліти
25	Дарахівська	45–70	Зернисті, масивні, брекчієподібні, криноїдні вапняки
26	Витківська	108–127	Грудкуваті, глинисті вапняки, мергелі й вапнисті аргіліти
27	Глинська	110–135	Темно-сірі, майже чорні, вапнисті аргіліти
28	Дзвенигородська	0–20	Грудкуваті, глинисті вапняки й мергелі
29	Радванецька	18–20	Темно-сірі, щільні аргіліти

Аналіз карт поширення фацій засвідчує, що відкрито-шельфові фації прилягають до західного підніжжя бар'єра, який утворювали рифи, біогерми, зарослі криноїдеї або вали детритових осадів на межі лагуни й відкритого палеобасейну. На їхнє розміщення, швидкість росту й горизонтальної міграції безпосередньо впливали вертикальні рухи тектонічних блоків на поздовжніх розломах, що супроводжувалися коливанням глибини в шельфовій зоні палеобасейну. Попри латеральну міграцію бар'єра й фаціальних зон, структурний план суттєво не мінявся впродовж усього силуру. Ріст органогенних побудов через їхнє інтенсивне руйнування лише незначно випереджав швидкість ізохронного осадконагромадження у передрифівій і зарифовій зонах, тож вони не утворили тіл, які завтовшки перевищували б умісні товщі.

Передрифіві зони складені масивними органогенно-детритовими вапняками з вклиненими в них доломітизованими продуктами руйнування рифів, що чергуються з лагунними відкладами.

Тектонічні рухи на краю Східноєвропейської платформи супроводилися періодичними регіональними трансгресіями й регресіями. Рухи блоків уздовж розломів не були

інтенсивними й суттєво не впливали на формування фацій і розподілення товщин відкладів. Найвідчутніше в силурі проявлялися регресії в лудлівському, баговицькому та на початку скальського часу, які викликали максимальне обміління палеобасейну, інтенсивний розвиток органогенних побудов і рифів, істотне розширення на захід акваторій лагун, локальне розмиття осадів у прибережній зоні. Трансгресія в силурійському періоді досягла свого апогею в малиновецькому часі, коли майже в усьому регіоні сформувалася монотонна товща грудкуватих глинистих вапняків і мергелів відкрито-шельфової та перехідної зони. Такою самою за масштабом, але порівняно короткочасною була й пізньоскальська трансгресія.

Перспективи пошуків нафти й газу пов'язують із силурійськими рифогенними утвореннями. У межах Локачинського валу в біогермних спорудах є досить задовільні колекторські властивості, а саме поруватість – 10 % і проникність $46 \cdot 10^{-3}$ мкм², а також безпосередні ознаки нафтогазонасиченості та сприятливі гідрохімічні умови.

Гідрогеологічні дослідження карбонатних комплексів венлокського, лудлівського та пржидольського ярусів за-

свідчують, що пластові води пов'язані з тріщинно-кавернозно-поровими колекторами в органогенних вапняках і доломітах східної частини басейну та з вапняками глибокого шельфу на заході. Пластові води належать до хлоркальцієвого типу. Для цих водоносних горизонтів характерна висока метаморфізація, мінералізація та хлоркальцієвий тип, які вказують на умови утрудненого водообміну в силурійських відкладах [3].

Зразки керн, піднятого з рифогенних порід силуру, мали нафтовий запах, примазки і вкраплення рідкої нафти в тріщинах і кавернах. Інколи цілі інтервали кавернозних доломітів були просякнені легкою нафтою. Під час випробування рифогенних порід скальського горизонту у сверд. 12-Локачі отримали незначний приплив нафти, а у сверд. 1-Володимирівська з порід баговицького горизонту – приплив газу дебітом 1,4 тис. м³/д. З малиновецького горизонту у свердловинах 10, 15, 17-Локачі та з баговицького у сверд. 15-Локачинській отримано припливи пластової води з великою кількістю розчиненого газу та плівками нафти. Ці дані свідчать про перспективність пошуків вуглеводнів у рифових утвореннях.

Згідно з результатами вивчення рифів на Локачинській площі, для них характерна мікро- і макрокавернозність з поруватістю 4–10 % і проникністю до $46 \cdot 10^{-3}$ мкм². Найкращі колектори спостерігаються в малиновецькому і баговецькому горизонтах. Екраном для вуглеводнів слугують глинисті вапняки з аргілітами, що перекривають їх.

Висновки. Наведені дані підтверджують перспективність розшуків покладів вуглеводнів у рифогенних карбонатних товщах силурійського віку Волино-Поділля, однак потребують дальшого вивчення. Невирішеними завданнями щодо карбонатних товщ силуру Волино-Поділля є такі:

- прогнозування порід-колекторів, порід-екранів, вірогідних пасток, регіональних і локальних зон біогермоутворення;
- уточнення порожнинного простору й колекторських властивостей бар'єрного рифу та його співвідношень із сингенетичними й епігенетичними відкладами;
- визначення геометричних параметрів біогермних споруд (довжини, ширини, товщини) та оконтурення тіла бар'єрного рифу;
- вивчення літологічного складу бар'єрного рифу та його фаціальної неоднорідності (зональності) у розрізі й по площі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бодлак В. П., Дриган Д. М., Колтун Ю. В., Крупський Ю. З. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: монографія. У 8 кн. Кн. 2. Західний нафтогазоносний регіон; Нац. акціонерна компанія "Нафтогаз України" та ін. – К.: Ніка-Центр, 2014. – 400 с.
2. Крупський Ю. З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. – К.: УкрДГРІ, 2001. – 144 с.
3. Крупський Ю. З. Геологія і нафтогазоносність Західного регіону України: монографія. – Львів: СПОЛОМ, 2020. – 256 с.

REFERENCES

1. Bodlak V. P., Dryhan D. M., Koltun Yu. V., Krupskiy Yu. Z. et al. Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine: monograph. In 8 books. Book 2. Western oil and gas region; Nat. joint-stock company "Naftogaz of Ukraine"; etc. – Kyiv: Nika-Tsentr, 2014. – 400 p. (In Ukrainian).
2. Krupskiy Yu. Z. Geodynamic conditions of formation and oil and gas potential of Carpathian and Volyn-Podilsky regions of Ukraine. – Kyiv: UkrDHRI, 2001. – 144 p. (In Ukrainian).
3. Krupskiy Yu. Z. Geology and oil and gas potential of the Western region of Ukraine: monograph. – Lviv: SPOLOM, 2020. – 256 p. (In Ukrainian).

Рукопис отримано 23.08.2021.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

ДЛЯ ДАЛЬШОГО ПІДВИЩЕННЯ НАУКОВОГО РЕЙТИНГУ ЖУРНАЛУ ТА ЙОГО ДОПИСУВАЧІВ ВАРТО ЗВЕРНУТИ УВАГУ НА ТАКЕ:

1. Кожна публікація не англійською мовою супроводжується анотацією англійською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами). Якщо видання не є повністю українськомовним, кожна публікація не українською мовою супроводжується анотацією українською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами, урахуваючи 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 із 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 зазначити 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. Бажано вказати в назві організації відомство, якому вона підпорядковується.

5. В аналітичній системі SCOPUS потрібні пристатейні списки використаної літератури латиницею. Можливості SCOPUS дають змогу проводити такі дослідження: за покликаннями 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 професійну ерудицію та якісний рівень досліджень її авторів.

6. Правильний опис джерел, на які покликаються автори, є запорукою того, що цитовану публікацію буде враховано в процесі оцінювання наукової діяльності її авторів, а отже й організації, регіону, країни. За статистикою цитування журналу визначають його науковий рівень, авторитетність тощо. Тому найважливішими складниками в бібліографічних покликаннях є прізвища авторів і назви журналів. До опису статті треба вносити імена 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, що подається українською/російською мовою, 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 латиницею.

Рукопис статті до редакції автори подають зі своїми підписами.

УДК [911.5:[631.445.4:631.42/.43]:622.33](477.83-25)

 <https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.37-42>

О. С. ЩУР, аспірант кафедри ґрунтознавства та географії ґрунтів
(Львівський національний університет імені Івана Франка),
shchur7555-1@murdoch.in, <https://orcid.org/0000-0002-1690-5838>

O. SHCHUR, PhD student at the Department of Soil Science
and Soil Geography (Ivan Franko National University of Lviv),
shchur7555-1@murdoch.in, <https://orcid.org/0000-0002-1690-5838>

МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАЛИШКОВО-КАРБОНАТНИХ ЧОРНОЗЕМІВ НА ЕЛЮВІЇ ЩІЛЬНИХ КАРБОНАТНИХ ПОРІД МАЛОГО ПОЛІССЯ

MORPHOLOGICAL FEATURES OF RESIDUAL CARBONATE CHERNOZEMS ON THE ELUVIUM OF DENSE CARBONATE ROCKS OF THE MALE POLISSIA

З нагоди 360-річчя від дня заснування Львівського національного університету імені Івана Франка

Актуальність наукового дослідження визначається недостатньою вивченістю питань, пов'язаних з морфологічними особливостями залишкових карбонатних чорноземів, а також браком наукових публікацій, що якісно висвітлюють різні аспекти складу ґрунтів Малого Полісся. У цій праці маємо на меті, ґрунтуючись на основі морфології залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся визначити головні особливості складу ґрунтів цього регіону і його місце в єдиній системі родючих ґрунтів країни загалом. В основі методології дослідження – поєднання методів системного наукового аналізу складу ґрунтів регіону Малого Полісся, що дає змогу визначити закономірності поширення ґрунтів і з'ясувати їхній морфологічний склад, а також морфологічні особливості залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся. Дослідження свідчить про істотну важливість вивчення процесів ґрунтоутворення і вивітрювання ґрунтів з погляду перспектив сільськогосподарського використання та збереження ґрунтового ресурсу країни. Результати та висновки цієї праці мають істотне наукове, теоретичне й прикладне значення для подальшого вивчення якості складу ґрунтів України загалом і Малого Полісся зокрема, для розуміння структури ґрунтового покриття досліджуваних регіонів і доцільності наукового розроблення методів їхнього використання для потреб народного господарства.

Ключові слова: морфологічні особливості, чорноземи карбонатні, елювій карбонатних порід, Мале Полісся, склад ґрунтів, родючість ґрунтів.

The relevance of the stated topic of scientific research is determined by the poor knowledge of issues related to the morphological features of residual carbonate chernozems, as well as the lack of scientific publications that qualitatively highlight various aspects of the soil composition of Male Polissia. The main purpose of this research work is to study the morphology of residual-carbonate chernozems on the eluvium of dense carbonate rocks of Male Polissia, in order to determine the main features of the soil composition of this region and its place in the unified system of fertile soils of the country as a whole. The basis of the methodology of this research work is a combination of methods for systematic scientific research of the soil composition of the Male Polissia region as a whole, which makes it possible to determine the main regularities in the distribution of soils in this region and their morphological composition, with an analytical study of the morphological features of residual-carbonate chernozems on the eluvium of dense carbonate rocks of the Male Polissia, which makes it possible to form a structured picture of scientific research of all issues submitted for consideration with a competent arrangement of all the accents of scientific research. The results of this scientific study indicate the essential importance of studying the processes of soil formation and weathering of soils from the point of view of analyzing the prospects for their agricultural use and preserving the soil resource from the wound as a whole. The results and conclusions of this research work are of significant scientific, theoretical and applied significance from the point of view of the prospects for further scientific research in the direction of studying the quality of the soil composition of Ukraine in general and Male Polissia in particular, which is of great importance for understanding the structure of the soil cover of the studied regions, and the expediency of scientific development of methods for their further competent practical use for the needs of the national economy.

Keywords: morphological features, carbonate chernozems, eluvium of carbonate rocks, Male Polissia, soil composition, soil fertility.

Вступ

Мале Полісся – своєрідна за генезисом (рівнинні території, переважне поширення алювіальних і флювіогляціальних пісків серед мергелів як корінних порід, розвинена гідрографічна мережа із заболоченими заплавами, лісовий тип рослинності на тлі лісостепового характеру клімату) територія в південно-західній частині зони мішаних лісів України, що розділяє Волинську й Подільську височини. Ця фізико-географічна область складається з Надбужанської котловини, Бродівської (Крем'янецько-Дубнівської) рівнини і Острозької долини, геоморфологічно добре виражена і розміщується між Волинським і Ростоцько-Опільським ґрунтово-географічним краєм широколистої лісової зони України. На півдні, крутим уступом заввишки 150–180 м, Мале Полісся різко переходить у Подільську височину [11].

За адміністративно-територіальним поділом територія Малого Полісся розміщується в межах Львівської області.

Витягнена із заходу на схід у формі гострого трикутника з розширенням на заході до 60–70 км і звуженням на сході до 5–6 км, вона являє собою пласко-хвилясту акумулятивну й денудаційно-акумулятивну низовину. Поверхня слабо розчленована. Часто трапляються давні денудаційні поверхні й еолові форми рельєфу. Найпоширеніші гірські породи, що виходять на денну поверхню і є ґрунотвірними, – верхньокрейдяні мергелі. Велике значення у формуванні рельєфу й антропогенових відкладів мала діяльність текучих вод і розмивних водно-льодовикових потоків, роль яких посилював неотектонічний рух Подільської плити [12]. Характерним азональним генетичним типом чорноземів Малого Полісся треба вважати залишково-карбонатні чорноземи на елювії щільних карбонатних порід. У наукових працях геодезичного спрямування тему подібних чорноземів майже не розкрито. Деякі відомості про генезис і властивості цих ґрунтів містяться у двотомному виданні “Ґрунти України і підвищення їх родючості” (1988), “Польовому визначнику ґрунтів” (1981), “Атласі ґрунтів Української РСР” та інших працях.

Що стосується залишково-карбонатних чорноземів Малого Полісся, то їхні властивості стисло описані в нарисі “Грунти Львівської області” (1969), що пояснює карту ґрунтів, створену за матеріалами великомасштабних досліджень складу ґрунтів у 1957–1961 рр. Відтак наукові публікації, присвячені залишково-карбонатним чорноземам на території Малого Полісся, не виходили [13]. Тому вивчення цих ґрунтів актуальне, має наукове та прикладне значення.

Ознаки та властивості ґрунтового покриву умовно поділяються на дві основні групи: змінюються впродовж невеликого відтинку часу і змінюються впродовж тривалого періоду. Розмежування між цими двома групами досить умовне, проте можна впевнено стверджувати, що характеристики складу ґрунту, тісно пов’язані з розміщеними в ґрунті органічними речовинами, максимально інформативні з погляду вивчення принципів подальшого розвитку ґрунтів країни. Це зумовлено змінами гідрологічного й біогенетичного характеру, які мають істотне значення для проведення наукових досліджень з питань морфологічних особливостей залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся і в масштабах всієї країни загалом [14]. Морфологія ґрунтів різних географічних регіонів важлива для визначення перспектив раціонального використання ґрунтових угідь та інших дій, спрямованих на вирішення стратегічних питань розвитку народного господарства будь-якої держави. Природні екосистеми, як-от антропогенні та техногенні, характеризуються різноманітними проявами первинних форм утворення ґрунтів. Їхнє системне вивчення як основних механізмів і способів регенерації ґрунтових структур має значення як з погляду подальшого розвитку ґрунтознавства загалом, так і з позиції послідовного розроблення нових методів відновлення ґрунтів на землях, що зазнали різного руйнівного впливу [7]. З’ясування особливостей ґрунтоутворення сприяє швидкому створенню досконалих механізмів керування цим процесом і сприятливо позначається на розвитку ґрунтів і їхньому якісному використанні в потребах народного господарства країни.

Матеріали та методи

В основі методології цієї науково-дослідної праці – поєднання методів системного наукового дослідження складу ґрунтів регіону Малого Полісся загалом, що визначає основні закономірності поширення ґрунтів у цьому регіоні і їхній морфологічний склад з аналітичним дослідженням морфологічних особливостей залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся. Це дає змогу сформувати структуроване наукове дослідження всіх винесених на розгляд питань і чітко окреслити всі актуальні питання проведеного аналізу. Поєднання якісно підібраної теоретичної бази з практичними дослідженнями в зазначеному напрямі сприяє максимально якісному висвітленню всіх винесених на розгляд питань.

Теоретичні аспекти цієї праці ґрунтуються на вітчизняних і закордонних дослідженнях у сфері особливостей ґрунтоутворення і вивчення залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід. Задля максимально якісної, повної і об’єктивної картини наукового дослідження всі дані науково-дослідних розробок іноземних авторів, що згадуються в праці, було перекладено українською мовою. На теоретичній базі наукового дослідження проведено практичні роботи з акцентом на вивчення особливостей залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся, що загалом відповідає сформульованим завданням.

Дослідження відбувалося в кілька основних етапів:

1. На першому етапі проведено теоретичне дослідження особливостей ґрунтоутворення з огляду на специфічні особливості конкретного регіону й морфологічні особливості залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід загалом. Крім того, системно проаналізовано склад ґрунтів регіону Малого Полісся, що дало змогу визначити головні закономірності поширення ґрунтів у цьому регіоні і їхній морфологічний склад.

2. На другому етапі проведено аналітичне дослідження морфологічних особливостей залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся, що сприяло розширенню спектра науково-дослідних робіт і поглибленню розумінню досліджуваних аспектів. Також наведено порівняльну характеристику попередніх результатів авторського дослідження й аналогічних за кордоном, що сприяє створенню максимально якісної картини досліджуваної проблеми.

3. На кінцевому етапі наукового дослідження підбито підсумки та сформульовано остаточні висновки щодо всього спектра виконаних науково-дослідних робіт. Результати цього наукового дослідження в майбутньому слугуватимуть якісною основою для проведення подальших наукових досліджень з питань, пов’язаних з вивченням морфологічних особливостей залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся, а також особливостей утворення й розвитку ґрунтового покриву в різних регіонах країни.

Результати та обговорення

У межах Львівської області карбонатні чорноземи займають площу всього 45,7 тис. га (з них 29,6 тис. га – орні землі), або 2,1 % від площі області. Показник сільськогосподарського освоєння карбонатних чорноземів становить 68,3 %. Вони сформувалися на плато, схилах і в долинах зовнішніх і внутрішніх пасом, утворилися на вапняках, мергелях і продуктах їхнього вивітрювання, найрізноманітніших за механічним складом. Чорноземи залишково-карбонатні мають загальну потужність щільної частини ґрунтового профілю 50–80 см, у намитих ґрунтах – 100 см і більше, а в малопотужних змитих – до 50 см. Потужність щільного горизонту ґрунту, що має сірий або темно-сірий колір, місцями з коричневим відтінком, коливається в межах 40–60 см. Перехідний горизонт сірий з бурим відтінком або темно-бурим, має неміцну грудкувату структуру. Його потужність становить у середньому 50–70 см. Цим ґрунтам у верхній частині профілю невластива скелетність, оскільки мергель і мергелястий вапняк м’які породи, що легко піддаються процесам вивітрювання.

Чорноземи залишково-карбонатні характеризуються чималим умістом карбонатів кальцію в межах гумусового горизонту (іноді до 30 %), кількість якого вниз за профілем збільшується. Особливо багато карбонатів (від 60 до 80 %) у ґрунтах, що сформувалися на мергелях. На елювії м’яких порід (мергелях, мергелястих вапняках) швидше відбувається повне перемішування (біологічним або механічним способом) тонкодисперсної карбонатної основи, органічної речовини і силікатної частини породи. У такому разі ґрунтам властива висока біологічна активність, у них присутня більша кількість ґрунтових безхребетних (дошових черв’яків та інших представників ґрунтової мезофауни). Гумус у таких ґрунтах стає насичений кальцієм і пов’язаний з глиною. Кількість карбонатів у залишково-карбонатних ґрунтах у перерахунок на CaCO_3 коливається в межах 35–55 %.

За granulометричним складом залишково-карбонатні чорноземи дуже різноманітні. Серед них трапляються серед-

ньосуглинкові, високосуглинкові, легкосуглинкові. Морфологічні особливості залишково-карбонатного чорнозему на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся зображено на фото 1. Розріз С-1 закладено на ріллі, за 1 км на схід від с. Заводське Буського району Львівської області. Рельєф – денудаційне акумулятивне плато з нахилом 2х. Ознак затвердіння ґрунту не спостерігається.

В орному шарі (Нк ор. 0–20 см) залишково-карбонатного чорнозему вміст гумусу становить 2 %. Зверху вниз за профілем вміст гумусу рівномірно зменшується й на глибині 70–80 см становить приблизно 1 %. Причина цього криється в природі гумусових речовин і розкривається в морфології чорноземів. Горизонт (Нк п/ор. 20–36 см) містить 2,3 % гумусу, отже в орному шарі за тривалого антропогенного впливу почали переважати процеси деградації та мінералізації. У верхній частині підорного горизонту формується щільний шар грудкувато-брилуватої опрісненої неводостійкої структури. Текстура опріснювальних агрегатів мікросітчаста. Утворення підпошви – процес накопичення безпосередньо під орним шаром глини, гумусу й половинчастих оксидів, які тривалий час обробляються на однаковій глибині й водночас постійно зміцнюють орний шар (рисунок).

Структура опрісненого шару залишково-карбонатних чорноземів Малого Полісся на ключовій ділянці с. Заводське (розріз С-1 см – рисунок) брилувата неводостійка. У межах горизонту Нк п/ор. (20–36 см) частка брилуватих (> 10 мм) структурних агрегатів становить 87,25 %, що свідчить про тривале оброблення ґрунтів досліджуваної території, яке згодом призвело до істотного переущільнення підорного шару. У шарі підорної підпошви швидше тривають процеси накопичення гумусу. У межах Малого Полісся перенасиченість підорних шарів залишково-карбонатних чорноземів в окремих випадках виступає головною проблемою деградації ґрунтового покриву нарівні з процесами дегуміфікації й обвітрювання [15].

Зазвичай на території Малого Полісся залишково-карбонатні чорноземи трапляються в поєднанні з дерново-карбонатними ґрунтами (рендзини). У місцях близького залягання до денної поверхні щільних порід можна натрапити на широку гаму ґрунтів різної потужності (50–110 см) та різної міри розвитку. У поширенні цих ґрунтів спостерігається певна закономірність: на опуклих ділянках високих елементів мезорельєфу формуються короткопрофільні й малопотужні види чорноземів, гумусова частина профілю яких не перевищує 60–70 см відповідно. Їх нерідко супроводжують не повністю розвинені скелетні ґрунти, у профілі яких перехідний горизонт слабо виражений або не виражений зовсім, що властиво дерново-карбонатним ґрунтам [20]. Така мала потужність гумусового горизонту на вершинах схилів зумовлена близьким заляганням щільних порід. Нижче по схилу потужність профілю загалом, зокрема і його щільної частини, поступово зростає, досягаючи в середній частині схилу потужності 70–85 см. У нижній частині схилу і в його підпошві формуються глибокі



Фото 1. Ділянка орного чорнозему в розрізі

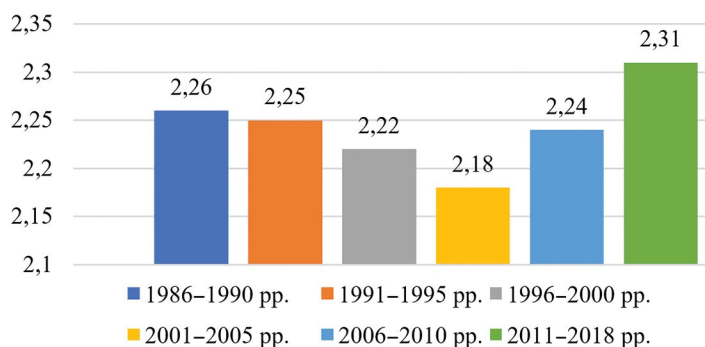


Рисунок. Динаміка вмісту гумусу в ґрунтах Полісся за 1986–2010 роки, %

профілі залишково-карбонатних чорноземів, нерідко намиті. Чорноземи на елювії щільних карбонатних порід відрізняються від менш міцної та більш водостійкої зернистої структури у формі дрібного горіха, з гострими ребрами й чіткими гранями структурних частин, – безскелетністю, щільністю та періодом ґрунтоутворення. Залишково-карбонатні чорноземи, що сформовані на мергелях, менш вилущені, порівнюючи з ґрунтами, які сформувалися на безкарбонатних породах або лісах.

Отже, морфологічні особливості залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся зумовлюються як особливостями рельєфу місцевості в зоні залягання чорноземів, так і особливостями діяльності людини, пов'язаної з обробленням ґрунтів у цих районах. Структура залишково-карбонатних чорноземів тісно пов'язана з кліматичними умовами регіону, з кількістю опадів і показником середньорічної температури [8]. Крім того, чорноземи на елювії щільних карбонатних порід мають високі показники періоду ґрунтоутворення, що надзвичайно важливо з погляду тривалості експлуатації ґрунтів і перспектив їхнього подальшого оброблення в сільськогосподарських цілях. Надалі ці показники матимуть істотне значення під час визначення оптимальних умов для оброблення ґрунту в різних географічних регіонах і створення режиму оброблення сільськогосподарських угідь з найбільшою ефективністю з погляду родючості ґрунтів і строків їхньої експлуатації.

Питання якісного та ефективного використання орних земель у сільському господарстві мають першорядне значення для сільськогосподарського планування. Водночас треба брати до уваги той факт, що Україна посідає друге місце серед європейських країн за обсягами територій, на яких поширені рендзини (фото 2). Наявна на сьогодні статистична інформація свідчить про те, що саме рендзини в поєднанні з карбонатними чорноземами на елювії карбонатних порід підвищеної щільності охоплюють понад 2 % орної площі всіх сільськогосподарських земель країни, а це приблизно 1,5 млн га. На західній Україні рендзини й карбонатні чорноземи на елювії щільних карбонатних порід розміщуються на площі понад 162,2 тис. га, або 14,6 % площі аналогічних ґрунтів України [2].

Рендзини Малого Полісся – це ґрунт біолітогенного типу, інтразональний, що пересікається у своїй основі з виходами на поверхню різноманітних побічних продуктів вивітрювання крейдяних порід, а також опоки, мергелів, вапнякових порід, як літотамнієвих, так і хомогенних. Вони дуже поширені в змішаних і широколистяних лісах, з гарним рослинним покривом, а також добрими дренажними умовами ґрунту, зумовленими наявністю промивного й періодично промивного типів зрощувальних режимів, характерних для цієї місцевості [2]. Без-



Фото 2. Ділянка дерново-карбонатного ґрунту (редзини) в розрізі

ліч різноманітних найпростіших за структурою і характером перебігу процесів у шарах ґрунтів, що протікають в умовах рясного й поступового зволоження, сформувавши недиференційований (або слабодиференційований) профіль з гумусово-аккумулятивним горизонтом, збагаченим колоїдами й полуторними оксидами, кількість яких поступово зменшується вниз за профілем, за винятком кальцію, обсяг якого неухильно зростає в зазначеному напрямку. Подібний перерозподіл полуторних оксидів і кальцію загалом типовий для різних стадій перебігу процесу утворення ґрунтового покриву під деревною рослинністю, що триває паралельно з опідзоленням [5]. Карбонатні літоземи, або типові редзини, являють собою найпоширеніший тип редзин на Західній Україні загалом і на Малому Поліссі зокрема. Редзини вилужені охоплюють набагато меншу площу й характеризуються істотно меншим умістом гумусу й карбонату. Водночас треба брати до уваги, що висока концентрація гумусу й карбонатів у ґрунтовому горизонті створює всі потрібні умови для підвищення родючості ґрунтів, росту й подальшого розвитку основних сільськогосподарських культур, які вирощуються в конкретній місцевості. У ґрунтовій зоні Малого Полісся редзини заведено зараховувати до розряду найбільш освоєних ґрунтів, хоча в цьому регіоні майже немає потрібних умов для можливого розширення орних угідь через брак потенційних ресурсів [3].

Редзини Малого Полісся й усієї Західної України вирізняються високою концентрацією гумусу й карбонатів у зоні верхнього ґрунтового горизонту, а також наявністю лужної й слаболужної реакції ґрунту, що загалом сприятливо впливає на стан ґрунтового покриву, а також майбутнє вирощування основних ґрунтових культур. Це визначає перспективи подальшого розроблення ґрунтів Малого Полісся для сільськогосподарського використання та проведення аграрних робіт будь-якого ступеня складності. Масштабне залучення редзини

ни в сільськогосподарське виробництво поступово призводить до деградації сільськогосподарських ґрунтових угідь унаслідок істотного зменшення обсягу гумусу в ґрунті та ґрунтового виснаження, що виявляється в суттєвому погіршенні якості балансу поживних речовин у шарах ґрунту [9]. Водночас такі ґрунти швидше вивітрюються, що істотно зменшує строк їхнього використання й можливості ведення сільськогосподарської діяльності на таких ґрунтах. Хімічна деградація (декарбонатація) складу ґрунтів на тлі істотного погіршення водного й повітряного режимів, за умови фізичної деградації ґрунтових шарів (деагрегації), з огляду на підвищену ерозію верхніх гумусових горизонтів, поступово призводить до ґрунтової деградації географічного типу, яка виражається в просторовій нерівномірності течії описуваних процесів у ґрунтах (фото 3).

Послідовне визначення характеру перебігу процесів агрогенної трансформації ґрунтових покривів, що належать до сільськогосподарських угідь Західної України й Малого Полісся, дає змогу точно спрогнозувати головні тенденції розвитку ґрунтів у цих регіонах і відповідно планувати сільськогосподарське використання [18]. Висока консервативність мінерального складу ґрунтів Малого Полісся зумовлює тенденції розвитку типових процесів ґрунтоутворення в цьому регіоні, спрогнозувати які можна на підставі хімічного аналізу складу ґрунтів. Це стосується як реліктових, так і сучасних шарів ґрунту [6].

Хімічний аналіз ґрунтових шарів неможливий без спеціальних розрахунків, що уособлюють різні стадії перебігу генетичних процесів, тісно пов'язаних з різними стадіями зміни хімічного складу ґрунтових шарів у розрізі процесів генезису ґрунтів та антропогенного впливу на їхній склад. У сучасних умовах послідовне вивчення морфологічних особливостей ґрунтів, що входять до системи сільськогосподарського комплексу країни, передбачає облік безлічі чинників, важливих з погляду оцінювання складу ґрунту й послідовності зміни його властивостей. У цьому контексті йдеться про зміни мінерального складу ґрунтового шару, концентрації в ґрунті гумусу й води, що становить з ним хімічний зв'язок, а також про ретельний підрахунок даних [4]. Відсоток сухої маси ґрунту від загальної маси шару визначається з використанням спеціальних алгоритмів, що дають змогу домогтися високої розрахункової точності та спрогнозувати відсотковий уміст води в ґрунті на різних стадіях процесу ґрунтоутворення.

Досить поширені в різних областях Західної України карбонатні ґрунти характеризуються не тільки накопиченням гумусу у своєму складі, а й розподілом кальцію та



Фото 3. Зразок декарбонатованого ґрунту

інших мінеральних елементів, що впливає на перспективи сільськогосподарського використання ґрунтів. Акумуляція в ґрунтових шарах карбонатів кальцію, що мають порівняну рухливість, не завжди дає змогу якісно оцінити ступінь розподілу в профілі ґрунту мінеральних елементів, зокрема оксидів азоту. З цієї причини простеження змін карбонатних ґрунтів, порівнюючи з початковою концентрацією мінеральних елементів, часто потребує одночасного перерахунку показників розпеченого й безкарбонатного ґрунту. Подібна методика відкриває можливості для аналізу впливу карбонатів і органічних речовин на хімічний склад ґрунту загалом, що зазвичай дає змогу визначити його фактичну профільну диференціацію [17].

Численні дослідження показують, що послідовне формування та трансформація складу ґрунту, зокрема рендзини, а також профільний розподіл мінеральних і хімічних елементів у шарах ґрунту істотно залежать від характеру розподілу карбонатів кальцію, а також винесення їх з ґрунтових шарів під час вивітрювання. У цьому контексті важливим аспектом також є розчинення і вилугування карбонатів, що згодом призводить до декарбонізації та збіднення рендзини в основі ґрунтових шарів низки регіонів країни, оскільки в цьому разі рендзини послідовно виходять зі складу кристалічних ґраток мінеральних сполук і деяких органічних елементів, розчиняються і зникають з профілю ґрунту. З практичного досвіду випливає, що тривале використання рендзини в разі інтенсивних рілльницьких робіт поступово призводить до збіднення ґрунту в умовах інтенсивного вивітрювання ґрунтових шарів і стає причиною поступового розчинення карбонатів і їхнього вилугування.

Проведення валового хімічного аналізу дає змогу стверджувати: основу хімічного складу рендзин, дуже поширених на Малому Поліссі й загалом на території Західної України, складають оксиди кремнію (SiO_2), що характерно майже для всіх частин генетичних профілів цих ґрунтів. Істотне зниження концентрації SiO_2 в напрямку початкової породи, переважно в її верхній частині, пояснюється послідовним зростанням у цьому напрямку концентрації оксидів кальцію, а також карбонатів кальцію. Подібний перерозподіл концентрації оксидів кальцію і кремнію в основному профілі ґрунту, особливо в його карбонатній частині, зазвичай пов'язаний з процесами вилугування карбонатів, що є однією з основних ознак збіднення ґрунту [17]. Особливості профільного розподілу елементного складу ґрунту, взятого для дослідження оптимального складу й властивостей показників, припускають високий уміст оксидів заліза й алюмінію, а також лужноземельних елементів. Розподіл оксиду кремнію (SiO_2) у профілі ґрунту, а також магнію, кальцію і певної кількості рідкоземельних елементів може бути непрямим свідченням перебігу процесів інтенсивного вивітрювання ґрунтів, що негативно впливає на їхню родючість і перспективи подальшого використання в сільськогосподарських цілях. Процес поступового вилугування карбонатів і їхнє розчинення – один з неминучих наслідків такого явища.

Хліборобське використання родючих ґрунтів передбачає створення відповідного ґрунтового клімату, потрібного для належного використання зазначених земельних угідь. Також треба зважати на істотні відмінності гідротермічних умов використання освоєних орних і цілинних земель, а також вищу водонепроникність ріллі, порівнюючи із цілиною. Орні землі ліпше прогріваються, а також виморожуються в холодну пору року [16]. Забарвлення генетичних горизонтів ґрунтів дуже залежить від концентрації в них певних оксидів і гідроксидів заліза, водно-

час буре забарвлення ґрунту властиве ділянкам з високою концентрацією оксидів заліза, що характеризуються високим ступенем гідратації. Проведені морфологічні дослідження наочно демонструють той факт, що виразні бурі й буруватий відтінки яскраво проявлені й у низовинах Малого Полісся, до того ж наявна тенденція насичення цих відтінків у напрямку до ґрунтовірних порід. Крім того, спостерігається підвищення відносного вмісту F_2O_3 в рендзинах згаданого географічного регіону.

Різні показники вилугування ґрунтів у різних областях свідчать про нерівномірність перебігу процесів вивітрювання ґрунтів у цих областях і різні перспективи сільськогосподарської діяльності. Крім того, проведені дослідження акцентують на взаємозв'язку змін морфологічного складу ґрунтів і показників молярних відносин майже по всій глибині ґрунтового шару [10]. Визначення тенденції до зміни хімічного складу залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся сприяє ліпшому розумінню чинників, що впливають на характер ґрунтоутворення в зазначеному регіоні, а також пошуку оптимальних рішень, спрямованих на якісне розв'язання питань забезпечення належного збереження орних земель для їхнього подальшого використання в сільськогосподарських цілях.

Висновки

За результатами, отриманими в процесі наукового дослідження, сформульовано такі висновки. Головним чинником, що забезпечує різноманітність ґрунтів на території Малого Полісся, є літологія материнських порід (їхній гранулометричний склад, глибина залягання й хімічний склад), завдяки чому залишково-карбонатні чорноземи характеризуються хорошими фізико-хімічними й фізичними властивостями. Вивчаючи комплекси дерново-карбонатних і залишково-карбонатних чорноземів, зазначимо, що останні вирізняються безскелетною структурою ґрунту (у межах гумусового горизонту), високою карбонатністю і глибоким гумусовим профілем в істотній ерозійній небезпеці. Саме небезпека розвитку ерозії ґрунту визначає потребу проведення комплексних заходів, спрямованих на забезпечення належного рівня захисту ґрунтового покриву залишково-карбонатних чорноземів Малого Полісся від руйнування й втрати характеристик, потрібних для подальшого використання ґрунтів цього географічного регіону в сільськогосподарських цілях.

Крім того, результати дослідження акцентують на факті послідовної трансформації хімічного складу залишково-карбонатних чорноземів на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся під впливом зовнішніх кліматичних чинників. Найсильніше на цей процес впливає вилугування ґрунтових шарів під дією метеорологічних чинників і сезонних перепадів температури, що передбачає розроблення додаткових заходів захисту ґрунту від зовнішніх шкідливих впливів. Інтенсивність процесів розчинення карбонатів у різних частинах профілю редзин з їхнім подальшим вилугуванням безпосередньо визначає швидкість течії вивітрювання ґрунтового покриву Малого Полісся. Хімічна деградація ґрунту в регіоні є прямим наслідком процесу.

Процеси деградації ґрунту негативно впливають на перспективи розвитку сільського господарства. Крім того, залишково-карбонатні чорноземи на елювії щільних карбонатних порід Малого Полісся мають вищі показники водостійкості, порівнюючи з іншими ґрунтами регіону, що зумовлює вищу тривалість їхнього використання в сільськогосподарських цілях. У будь-якому разі питання захисту ґрунтів Малого Полісся не втрачають своєї актуальності в сучасних умовах, що передбачає потребу проведення подальших наукових розвідок у цьому напрямі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абакумов Е. В. Первичные почвы в природных и антропогенных экосистемах: автореф. дис. ... доктора биологических наук. – Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук, 2012. – 73 с.
2. Гавриш Н. С. Грунтовые ресурсы и использование грунтов: правовые аспекты//Вестник Международного гуманитарного университета. Серия Юриспруденция. – 2015. – № 15. – С. 76–80.
3. Alsver M. Mycorrhizal mediation of soil. – Oxford: Elsevier, 2019.
4. Baumann K., Eckhardt K-U., Acksel A., Gros P., Glaser K., Gillespie A. W., Karsten U., Leinweber P. Contribution of biological soil crusts to soil organic matter composition and stability in temperate forests//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 160. – Article number 108315.
5. Blear W. Soil and environmental chemistry. – London: Academic Press, 2016.
6. Bossolani J. W., Crustiol C. A. C., Leite M. F. A., Merloti L. F., Moretti L. G., Pascoaloto I. M., Kuramae E. E. Modulation of the soil microbiome by long-term Ca-based soil amendments boosts soil organic carbon and physicochemical quality in a tropical no-till crop rotation system//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 156. – Article number 108188.
7. Dobarco M. R., McBratney A., Minasny B., Malone B. A framework to assess changes in soil condition and capability over large areas//Soil Security. – 2021. – Vol. 4. – Article number 100011.
8. Garcia C., Nannipieri P., Hernandez T. The future of soil carbon. – London: Academic Press, 2018.
9. Grover S. P., Butterly C. R., Wang X., Gleeson D. B., Macdonald L. M., Tang C. Liming and priming: the long-term impact of pH amelioration on mineralisation may negate carbon sequestration gains//Soil Security. – 2021. – Vol. 3. – Article number 100007.
10. Guo W., Ding J., Wang Q., Yin M., Zhu X., Liu Q., Zhang Z., Yin H. Soil fertility controls ectomycorrhizal mycelial traits in alpine forests receiving nitrogen deposition//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 161. – Article number 108386.
11. Jordanova N. Soil magnetism. – London: Academic Press, 2016.
12. Kovda I., Polyakov D., Ryabukha A., Lebedeva M., Khaydarova D. Microrelief and spatial heterogeneity of soils on limestone, Sub Ural plateau, Russia: Attributes and mechanism of formation//Soil and Tillage Research. – 2021. – Vol. 209. – Article number 104931.
13. Minasny B., Fiantis D., Hairiah K., Noordmijk M. V. Applying volcanic ash to croplands – The untapped natural solution//Soil Security. – 2021. – Vol. 3. – Article number 100006.
14. Nath D., Laik R., Meena V. S., Pramanick B., Singh S. K. Can mid-infrared (mid-IR) spectroscopy evaluate soil conditions by predicting soil biological properties?//Soil Security. – 2021. – Vol. 4. – Article number 100008.
15. Nguyen B-A.T., Chen Q-L., Yan Z-Z., Li C., He J-Z., Hu H-W. Distinct factors drive the diversity and composition of protistan consumers and phototrophs in natural soil ecosystems // Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 160. – Article number 108317.
16. Odriozola I., Navratilova D., Tiaskalova P., Klinerova T., Cervenkova Z., Kohout P., Vetrovsky T., Clizkova P., Sary M., Baldrian P. Predictors of soil fungal biomass and community composition in temperate mountainous forests in Central Europe//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 161. – Article number 108366.
17. Seyfried G. S., Canham C. D., Dalling J. W., Yang W. H. The effects of tree-mycorrhizal type on soil organic matter properties from neighborhood to watershed scales//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 161. – Article number 108385.
18. Siciliano S. D., Palmer A. S., Winsley T., Lamb E., Bissett A., Brown M. V., van Dorst J., Ji M., Ferrari B. C., Grogan P., Chu H., Snape I. Soil fertility is associated with fungal and bacterial richness, whereas pH is associated with community composition in polar soil microbial communities//Soil Biology and Biochemistry. – 2019. – Vol. 78. – P. 10–20.
19. Xiong Li., Liu X., Vinci G., Sun B., Drosos M., Li L., Piccolo A., Pan G. Aggregate fractions shaped molecular composition change of soil organic matter in a rice paddy under elevated CO₂ and air warming//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 159. – Article number 108289.
20. Zhou Y., Bastida F., Zhou B., Sun Y., Gu T., Li S., Li Y. Soil fertility and crop production are fostered by micro-nano bubble irrigation with associated changes in soil bacterial community//Soil Biology and Biochemistry. – 2020. – Vol. 141. – Article number 107663.

REFERENCES

1. Abakumov Ye. V. Primary soils in natural and anthropogenic ecosystems: thesis of candidate of biologic sciences. – Tolyatti: Institut Jekologii Volzhskogo basejna Rossijskoj akademii nauk, 2012. – 73 p. (In Russian).
2. Gavriush N. S. Soil resources and soil use: Legal aspects//Vestnik Mezhdunarodnogo gumanitarnogo universiteta. Seriya Jurisprudenciya. – 2015. – № 15. – P. 76–80. (In Russian).
3. Alsver M. Mycorrhizal mediation of soil. – Oxford: Elsevier, 2019.
4. Baumann K., Eckhardt K-U., Acksel A., Gros P., Glaser K., Gillespie A. W., Karsten U., Leinweber P. Contribution of biological soil crusts to soil organic matter composition and stability in temperate forests//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 160. – Article number 108315.
5. Blear W. Soil and environmental chemistry. – London: Academic Press, 2016.
6. Bossolani J. W., Crustiol C. A. C., Leite M. F. A., Merloti L. F., Moretti L. G., Pascoaloto I. M., Kuramae E. E. Modulation of the soil microbiome by long-term Ca-based soil amendments boosts soil organic carbon and physicochemical quality in a tropical no-till crop rotation system//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 156. – Article number 108188.
7. Dobarco M. R., McBratney A., Minasny B., Malone B. A framework to assess changes in soil condition and capability over large areas//Soil Security. – 2021. – Vol. 4. – Article number 100011.
8. Garcia C., Nannipieri P., Hernandez T. The future of soil carbon. – London: Academic Press, 2018.
9. Grover S. P., Butterly C. R., Wang X., Gleeson D. B., Macdonald L. M., Tang C. Liming and priming: the long-term impact of pH amelioration on mineralisation may negate carbon sequestration gains//Soil Security. – 2021. – Vol. 3. – Article number 100007.
10. Guo W., Ding J., Wang Q., Yin M., Zhu X., Liu Q., Zhang Z., Yin H. Soil fertility controls ectomycorrhizal mycelial traits in alpine forests receiving nitrogen deposition//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 161. – Article number 108386.
11. Jordanova N. Soil magnetism. – London: Academic Press, 2016.
12. Kovda I., Polyakov D., Ryabukha A., Lebedeva M., Khaydarova D. Microrelief and spatial heterogeneity of soils on limestone, Sub Ural plateau, Russia: Attributes and mechanism of formation//Soil and Tillage Research. – 2021. – Vol. 209. – Article number 104931.
13. Minasny B., Fiantis D., Hairiah K., Noordmijk M. V. Applying volcanic ash to croplands – The untapped natural solution//Soil Security. – 2021. – Vol. 3. – Article number 100006.
14. Nath D., Laik R., Meena V. S., Pramanick B., Singh S. K. Can mid-infrared (mid-IR) spectroscopy evaluate soil conditions by predicting soil biological properties?//Soil Security. – 2021. – Vol. 4. – Article number 100008.
15. Nguyen B-A.T., Chen Q-L., Yan Z-Z., Li C., He J-Z., Hu H-W. Distinct factors drive the diversity and composition of protistan consumers and phototrophs in natural soil ecosystems // Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 160. – Article number 108317.
16. Odriozola I., Navratilova D., Tiaskalova P., Klinerova T., Cervenkova Z., Kohout P., Vetrovsky T., Clizkova P., Sary M., Baldrian P. Predictors of soil fungal biomass and community composition in temperate mountainous forests in Central Europe//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 161. – Article number 108366.
17. Seyfried G. S., Canham C. D., Dalling J. W., Yang W. H. The effects of tree-mycorrhizal type on soil organic matter properties from neighborhood to watershed scales//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 161. – Article number 108385.
18. Siciliano S. D., Palmer A. S., Winsley T., Lamb E., Bissett A., Brown M. V., van Dorst J., Ji M., Ferrari B. C., Grogan P., Chu H., Snape I. Soil fertility is associated with fungal and bacterial richness, whereas pH is associated with community composition in polar soil microbial communities//Soil Biology and Biochemistry. – 2019. – Vol. 78. – P. 10–20.
19. Xiong Li., Liu X., Vinci G., Sun B., Drosos M., Li L., Piccolo A., Pan G. Aggregate fractions shaped molecular composition change of soil organic matter in a rice paddy under elevated CO₂ and air warming//Soil Biology and Biochemistry. – 2021. – Vol. 159. – Article number 108289.
20. Zhou Y., Bastida F., Zhou B., Sun Y., Gu T., Li S., Li Y. Soil fertility and crop production are fostered by micro-nano bubble irrigation with associated changes in soil bacterial community//Soil Biology and Biochemistry. – 2020. – Vol. 141. – Article number 107663.

Р у к о п и с о т р и м а н о 5.10.2021.

М. М. ШАТАЛОВ, д-р геол. наук, провідний науковий співробітник
(ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
ІГН НАН України"), shatalov@casre.kiev.ua

Н. Н. ШАТАЛОВ, д-р геол. наук, ведучий научний сотрудник
(ГУ "Научный центр аерокосмических исследований Земли
ИГН НАН Украины"), shatalov@casre.kiev.ua

ПАТРИАРХ УКРАЇНСЬКОЇ ГЕОЛОГІЇ. ДО 200-РІЧЧЯ ПРОФЕСОРА К. М. ФЕОФІЛАКТОВА

ПАТРИАРХ УКРАИНСКОЙ ГЕОЛОГИИ. К 200-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА К. М. ФЕОФИЛАКТОВА

(Матеріал друкується мовою оригіналу)



*Имя ректора Киевского университета Св. Владимира
профессора Константина Матвеевича Феофилактова
в историю Украины вписано золотыми буквами.*

Его заслуги неоспоримы, а имя при жизни стало легендарным.

*Несомненно также, что он – патриарх Украинской геологической науки.
Научно-педагогической деятельностью в Украине ученый занимался полвека.*

*В стенах Киевского университета он прошел путь от адъюнкта
первой в Украине кафедры минералогии до заведующего кафедрой
геологии и минералогии, декана физико-математического
факультета и ректора. Талантливый геолог-естествоиспытатель*

*К. М. Феофилактوف обладал энциклопедическими знаниями
в различных областях естествознания – петрографии, минералогии,
палеонтологии, стратиграфии, гидрогеологии, зоологии, археологии.*

*По сути, в Украине он был первым геологом-съемщиком, первым под
микроскопом изучал кристаллические горные породы Украинского щита,
первым обосновал необходимость снабжения Киева артезианской
водой и пр. К. М. Феофилактوف являлся прекрасным педагогом и лектором.*

*Он подготовил тысячи высококвалифицированных специалистов,
т. е. стоял у истоков создания выдающейся украинской школы геологов.
Среди непосредственных учеников К. М. Феофилактова следует отме-
тить Ф. И. Каминского, Ф. К. Волкова, А. Л. Чекалюка и многих других.*

*Он воспитал также выдающихся украинских геологов –
профессоров П. Я. Армашевского, В. Е. Тарасенко
и академика АН Украины П. А. Тутковского.*

Константин Матвеевич Феофилактوف родился в Санкт-Петербурге, раскинувшемся на берегах Невы. Однако судьба ему приготовила сюрприз – жить, работать и умереть в Киеве, расположенном на берегах прекрасной р. Днепр. В молодые годы юноша получил хорошее образование. В частности, в 1841 г. он окончил физико-математический факультет Главного педагогического института страны с серебряной медалью и был оставлен на год при институте для специальных занятий по минералогии и геологии. В 1842 г. юноша

участвовал в полевой экспедиции на Урал, где ознакомился с геологией и рудными месторождениями этого уникального горнорудного региона. На следующий год К. М. Феофилактова откомандировали в Берлин и Париж с целью усовершенствования знаний в области минералогии и геологии. За два года он прошел весьма основательную подготовку у ведущих специалистов-геологов Западной Европы и составил представление об особенностях геологии нескольких стран. Так, на обратном пути в Санкт-Петербург он изучал геологические разрезы окрестностей Стокгольма и Ревеля, исследовал докембрийские кристаллические горные породы Балтийского щита на территории Финляндии. В Россию он вернулся специалистом с широким научным кругозором. И уже в 1845 г. его судьба была предопределена – он получил направление в Киевский университет на должность адъюнкта по кафедре минералогии и геогнозии, где с неустанным трудолюбием и любовью занялся педагогической и научной деятельностью.

Важно подчеркнуть, что это была первая кафедра в Украине, целью которой являлось изучение минералов, пород и руд, т. е. оценка рудного потенциала страны и подготовка специалистов по данному направлению. Как известно, Киевский университет Св. Владимира и кафедра минералогии и геогнозии на философском факультете в его структуре были созданы в 1834 г. на основании декрета царя Николая I. Учреждению университета и кафедры в Киеве в значительной степени способствовала семья знаменитых горнопромышленников Демидовых, хорошо разбиравшихся в рудном деле. Еще в 1803 г. П. Г. Демидов пожертвовал огромный финансовый

капитал для строительства здания и на иные нужды Киевского университета. Эту инвестицию П. Г. Демидов более 200 лет тому назад сделал лишь потому, что смог в те далекие годы верно оценить перспективность минерально-сырьевой базы Украины и понимал целесообразность подготовки здесь геологов-рудников. Свою положительную роль в создании кафедры, несомненно, сыграло и Минералогическое общество России, которое во все времена способствовало открытию новых минералогических центров. Краткая история основания кафедры минералогии и геогнозии в структуре Университета Св. Владимира в Киеве изложена в содержательной статье профессора В. И. Павлишина для Минералогического журнала. Нельзя не согласиться с мнением ученого, что первая в Украине кафедра минералогии и геогнозии Киевского университета стала лидером в исследовании недр Украины на протяжении всего университетского этапа развития геологии в Украине (1834–1918 гг.).

Учреждение в Киевском университете Св. Владимира самостоятельной кафедры геологии и геогнозии явилось мощным толчком к развитию геологических исследований в Украине. Несомненно, это привело к возникновению когорты высокопрофессиональных геологов украинской школы. Немаловажную роль сыграло и “Общество естествоиспытателей”, которое в 1869 г. при Киевском университете организовал К. М. Феофилакт.

В стенах Киевского университета Св. Владимира К. М. Феофилакт проработал всю жизнь и снискал заслуженную славу патриарха, выдающегося украинского ученого-геолога и талантливого педагога. Здесь он прошел сложный путь от адъюнкта кафедры минералогии до декана и ректора университета. В частности, в 1849 г. после защиты диссертации *“О геогностическом строении правого берега Днепра между Киевом и Межиречем”*, Константин Матвеевич получил в университете ученую степень магистра геологии,

а в 1851 г., после защиты диссертации *“О кристаллических породах губерний Киевской, Волынской и Подольской”*, – степень доктора наук. В 1852 г., в возрасте 33 лет, в университете Св. Владимира в Киеве К. М. Феофилакт получил должность экстраординарного профессора по кафедре минералогии и геогнозии; в 1853 г. – ординарного, а в 1871 г. – звание заслуженного профессора. В 1846–1851 гг. ученый исполнял должность секретаря физико-математического факультета, в 1877–1880 гг. и 1884–1887 гг. был деканом физико-математического факультета (в состав которого тогда входила кафедра), в 1877–1899 гг. – председателем Киевского общества естествоиспытателей, а с марта 1880 г. по апрель 1881 г. занимал должность ректора Киевского университета Св. Владимира.

Имя К. М. Феофилактов, несомненно, стоит у истоков создания крупнейшей в Украине школы высокопрофессиональных геологов. Его биография – это увлекательный рассказ об истории Киевского университета второй половины XIX века, пока еще недостаточно раскрытой в литературе. Краткие и лаконичные отзывы профессоров и студентов университета свидетельствуют о том, что он был крупнейшим ученым, незаурядным лектором и воспитателем талантливой молодежи. Выдающиеся педагогические способности Константина Матвеевича позволили ему глубоко разработать читаемые курсы и сплотить вокруг себя кружок молодых геологов, который и стал *“школой Феофилактова”*.

Курс его лекций всегда отличался целостностью, лаконичностью и законченностью. Как правило, во введении к курсу давался краткий очерк истории той или иной науки и сообщалась основная литература, рекомендуемая студентам. Лекции по минералогии он начинал с подробного очерка геометрической кристаллографии, которая излагалась по работам немецкого минералога Карла Фридриховича Наумана, академика Николая Ивановича Кокшарова и его



Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, (Владимирская 60, ауд. 460).

“Здесь ранее находилась минералогическая лаборатория, в ней с 1845 по 1901 год работал выдающийся отечественный геолог, основатель киевской школы геологов и петрографов, заведующий кафедрой геологии и минералогии – профессор Константин Матвеевич Феофилакт.” Открыто в 1959 году. Мрамор.

ученика – академика Павла Владимировича Еремеева. Затем он переходил к обзору результатов кристаллофизики и кристаллохимии, и лишь после этого излагал результаты описательной минералогии, причем главное внимание уделялось минералогии отечественных месторождений, особенно тех, с которыми ему удалось ознакомиться лично. Его лекции всегда дополнялись хорошо организованными практическими занятиями, на которых студенты учились работать с гониометрами и определяли минералы из коллекций минералогического кабинета Киевского университета. Кроме лекций по минералогии, он блестяще читал курс лекций по общей геологии. Оригинальные программы курсов минералогии и геологии на физико-математическом факультете Университета Св. Владимира на 1850–1851 учебный год были опубликованы в типографии университета. При изложении своего любимого предмета – геологии, К. М. Феофилакт в основном следовал известному руководству немецкого геолога Германа Креднера. Кроме того, он привлекал многочисленные сведения из других источников, в частности, научных работ З. Гюнтера, Г. К. Розенбуша, И. В. Мушкетова и др. После исторического введения и краткого обзора литературы следовал физико-географический очерк, затем излагались вопросы петрографии тех или иных регионов. Значительная часть курса общей геологии отводилась динамической геологии, стратиграфии и исторической геологии, которые рассматривались на классических разрезах Западной Европы, Америки, Украины и России.

Профессор К. М. Феофилакт впервые в Украине выделил палеонтологию как самостоятельный университетский курс. Программа лекционного курса по палеонтологии была опубликована в типографии университета и вошла в первый семестр 1859–1860 учебного года. Среди главных вопросов программы были следующие: предмет и значение палеонтологии в отношении к геологии; описание форм исчезнувших с лица планеты растений и животных в системах ботанической и зоологической; распределение исчезнувших форм растений и животных по геологическим формациям; законы развития органической жизни на планете. В своей программе К. М. Феофилакт в 1859 году писал: *“Курс палеонтологии в весьма сжатом виде я полагаю изложить в первом семестре наступающего академического года студентам 5, 6, 7 и 8 семестров, употребив на чтение по 1 часу в неделю... Последовательность изложения выражена в самой программе, что касается способа преподавания, то я придерживаюсь общепринятых приемов при преподавании естественных наук, представляя слушателям самые лучшие образцы или рисунки при описании каждой формы животного или растения”*.

Особое значение он придавал практическим занятиям и полевым работам студентов, обучающихся на его кафедре. В весенние и осенние месяцы К. М. Феофилакт ежегодно совершал со студентами геологические маршруты в различные регионы Украины. Студенты при этом знакомились с петрографическим составом и условиями залегания горных пород, на конкретных примерах узнавали массу сведений из физической географии и динамической геологии. Экскурсии наставник справедливо считал необходимым дополнением к лекциям по минералогии, геологии и палеонтологии. Он признавал, что студент, знакомый с минералами, горными породами и окаменелостями только по штуфам в коллекциях и не видевший их в природе, не может иметь о них правильного представления и не может быть назван

натуралистом. Талантливых студентов, например П. Я. Армашевского, П. А. Тутковского и В. Е. Тарасенко, он привлекал к участию в личных исследованиях и геологических экскурсиях в окрестности Киева, на Волынь и в другие регионы, где они постепенно приобретали навыки исследователей. Любовь к геологии, петрографии и минералогии он сумел привить В. Е. Тарасенко и П. Я. Армашевскому (заменившему его на кафедре), а к палеонтологии – студенту П. А. Тутковскому, ставшему в последствии академиком и первым директором Института геологических наук АН УССР. Для них он был подлинным учителем.

К. М. Феофилакт читал лекции по расширенному курсу минералогии и геологии, а затем и палеонтологии в университете в течение 46 лет. Несомненно, за эти полвека наука претерпевала существенные изменения, но талантливый ученый и педагог всегда успевал следить за ее прогрессом и умел преподавать студентам как уже устоявшиеся взгляды, так и новые, только зарождавшиеся идеи. Как вспоминал академик П. А. Тутковский: *“К каждой лекции К. М. Феофилакт всегда старательно готовился; для каждой лекции он вырабатывал план и конспект, справляясь с литературой и внося каждый год новый порядок, новые факты и новые взгляды: лекции его никогда не были простым повторением раз выработанного курса... Тщательно обработанные, глубоко обдуманные, изящные по форме (хотя и без цветов ненужного красноречия) и строго научные по содержанию лекции Константина Матвеевича отличались в то же время простотой, доступностью и живостью изложения. Сообщая массу проверенных фактов, Константин Матвеевич всегда освещал их общей идеей, указывал значение и место этих фактов в системе науки, не давая слушателям затеряться в их массе, и часто увлекал слушателей невольно пробывавшей в его лекциях любовью к предмету. Превосходная дикция, мастерская манера изложения, содержательность и живой интерес лекций Константина Матвеевича всегда привлекали значительное число слушателей”*.

В те далекие времена К. М. Феофилакт сделал все возможное для создания на кафедре минералогии и геогнозии благоприятных условий для учебы и творческого развития студенческой молодежи. В частности, на факультете он создал *“Общество естествоиспытателей”*. После лекций и практических занятий по минералогии участие в обществе испытателей давало возможность студентам обмениваться живыми мыслями, дискутировать, что позволяло вырабатывать определенное мирозерцание и способствовало самостоятельному творчеству. По его инициативе в Украине стали созываться первые форумы естествоиспытателей природы. Так, в 1861 г. в Киевском университете собрался первый съезд преподавателей естествознания Киевского и Харьковского учебных округов. С 1867 г. стали регулярно созываться общероссийские съезды естествоиспытателей, в которых К. М. Феофилакт и геологи его школы принимали самое активное участие. В 1869 г. К. М. Феофилакт стал одним из учредителей Киевского общества естествоиспытателей и был его бессменным руководителем в течение 22 лет, сделав очень много как для геологического изучения территории Украины, так и для развития исследований в области других естественных наук. Когда в 1897 г. в Киеве вновь состоялся общероссийский съезд естествоиспытателей, большая работа по его подготовке легла на плечи профессора К. М. Феофилактова и Киевского общества естествоиспытателей.

Несмотря на преклонный возраст, в этом же году Константин Матвеевич принял деятельное участие в Международном геологическом конгрессе, проходившем в Петербурге, и отвечал за геологическую экскурсию по Днепру.

Значителен вклад К. М. Феофилактова в дальнейшее расширение минералогического кабинета Киевского университета Св. Владимира. Ежегодно ученый существенно пополнял минералогические и особенно палеонтологические коллекции кабинета образцами минералов и окаменелостей, собранными в основном пределах прилегающих к Киеву местностей. Это имело большое значение для ознакомления студентов с геологией, минералогией и палеонтологией Украины. Вместе с тем он приобрел богатые коллекции из других районов России, дабы имелся материал для сравнений при проведении минералогических, палеонтологических и стратиграфических исследований. Многие коллекции минералов были получены в дар от ярких русских ученых, с которыми К. М. Феофилаков поддерживал творческие контакты. Были приняты также коллекции от Геологического комитета и Минералогического общества. Для обработки поступивших материалов привлекались выдающиеся специалисты. Так, академик Ф. Б. Шмидт подготовил силурийские коллекции, профессор И. Ф. Шмальгаузен – фитопаалеонтологические.

Велики заслуги профессора К. М. Феофилактова в науке. Это был типичный естествоиспытатель XIX века, внимание которого было сосредоточено на самых актуальных явлениях природы. Ученый всегда стремился исследовать и раскрыть их сущность, поэтому спектр его научных работ весьма обширен. Он автор многочисленных работ по региональной и четвертичной геологии, стратиграфии, палеонтологии, гидрогеологии, петрографии, минералогии и полезным ископаемым, ландшафтоведению и краеведению. В списке его трудов имеются также работы по археологии. Результаты исследований ученого по геологии, минералогии, петрографии и кристаллографии публиковались на страницах “Общества естествоиспытателей”, в “Известиях Геологического комитета”, в Горном журнале, а большая часть – в трудах Киевского и Харьковского университетов.

По существу, К. М. Феофилаков стал пионером разработки в применении к территории Украины проблем докембрия, фанерозоя и антропогена. В частности, он был первым системным исследователем пород докембрия, обнажающихся в пределах Украинского щита. Ученый предложил классификацию гранитов Украинского щита, которая в известной мере сохранила свое значение в XX веке. По мнению академика Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, это была первая в Украине и России попытка классификации гранитов, слагающих кристаллический щит. В пределах Волынского мегаблока Украинского щита К. М. Феофилаков впервые выделил анортозиты и граниты рапакиви, установил своеобразный комплекс пород, впоследствии названный тетерево-бугской серией, а также Городищенский массив лабрадоритов. Константин Матвеевич и его ученик В. Е. Тарасенко одними из первых в Украине и России начали применять микроскопические методы исследования в петрографии пород Украинского щита. Результаты исследований докембрийских пород и минералов изложены в следующих работах ученого: “О кристаллических породах губерний Киевской, Волынской и Подольской” (Феофилаков, 1851); “Наблюдения над правильным пластичковатым сростанием ортоклаза с олигоклазом и альбитом в гранитах Киевской губернии и об образцах двойникового сростания лабрадора из ки-



Константин Матвеевич ФЕОФИЛАКТОВ

(1 ноября 1818 г. — 3 февраля 1901 г.)

Доктор естественных наук (с 1851), заслуженный профессор кафедры минералогии и геологии (с 1871), декан физико-математического факультета (1877—1880, 1884—1887) и ректор (1880—1881) Императорского университета Св. Владимира

евских гиперстенитов” (1869); “Об отношениях лабрадоритовой породы к ортоклазовым гранитам в Киевской губернии” (1876); “О правильном сростании минералов группы полевых шпатов” (1876); “О топазах в гранитах” (Феофилаков, 1880).

Проблемы стратиграфии, литологии, минералогии и рудоносности пород фанерозоя изложены в серии научных работ ученого. Среди них отметим статьи: “О юрских и меловых осадках Киевской губернии” (Феофилаков, 1851); “О геологических исследованиях в Киевской губернии в 1853–1956 гг.”; “О нахождении фосфоритов в третичных осадках Киевской губернии” (Феофилаков, 1871) и др. В этих и других публикациях К. М. Феофилактова заложены основы современной стратиграфии юрских, меловых и третичных отложений центральной и южной части Украины. Кроме того, он установил и границу развития этих отложений в северо-западной части Украинского кристаллического массива. Исследователь занимался также поисками в Киевской губернии месторождений каменного угля, железных руд и стройматериалов в Полесье и постоянно консультировал строителей при выборе гранитного камня для киевских мостовых.

При характеристике научных достижений Константина Матвеевича Феофилактова в “Истории Киевского университета” (Киев, 1959) отмечалось: “Он первый выявил, описал и картографировал широко известные теперь Каневские дислокации, опровергая мысли Мурчисона об отсутствии на юг от девонской оси юрских отложений, подобных московским”. В научных статьях “О построении Исачковского бугра

в Лубенском уезде Полтавской губернии” и *“Литологические свойства и рядовое положение пород в каменоломне с. Исачек”* К. М. Феофилактов впервые установил тектонический характер Исачковского бугра, который он считал довольно примечательным в геологическом отношении, и мультислойное залегание меловых и третичных отложений на площади тогда еще неизвестного Днепровско-Донецкого рифта.

Занимаясь вопросами антропогена территории Украины, К. М. Феофилактов стал инициатором разработки важнейших проблем четвертичной геологии. Он впервые установил здесь наличие ледниковых и послеледниковых отложений, захороненных грунтов, а также предложил стратиграфическое расчленение толщ антропогена. Как и многие геологи, занимавшиеся вопросами четвертичного периода, К. М. Феофилактов не чужд был и археологии, выезжал в экспедиции и проводил раскопки. Эти раскопки позволили ему в окрестностях г. Лубны выявить первую в Европейской России палеолитическую стоянку человека. В 1885 г. ученый сделал доклад на заседании “Общества естествоиспытателей” *“О находке в р. Глубочице костей мамонта и каменных орудий”*. Среди его работ данного направления следует отметить: *“О местонахождении кремневых орудий человека вместе с костями мамонта в с. Гюнцах на р. Удае Лубенского уезда Полтавской губернии”* (1875); *“О поступлении в Минералогический кабинет костных остатков мамонта, найденных в Байковом хуторе близ кладбища в Киеве”* (1876); *“О местонахождении орудий и костей человека вместе с костями млекопитающих животных на Глубочице и о значении этих находок с геологической точки зрения”* (1886). Важно, что интерес к археологии он смог привить и будущему академику П. А. Тутковскому.

Уделял внимание К. М. Феофилактов и космическим метеоритам. Так, в 1866 г. в Записках Санкт-Петербургского минералогического общества были опубликованы две статьи ученого по указанной проблеме: *“Известие о метеоритном камне, упавшем в селении Долговоля, Волынской губернии в 1864 году”* и *“О намечаемой распыловке и шлифовке Бразинского метеорита из коллекции Минералогического кабинета Киевского университета”*.

Парадоксально, но факт. Ученый значительно опередил время и, по сути, в XIX веке стал выдающимся геологом-съемщиком. Глубоко понимая проблемы геологического картирования территории Украины, К. М. Феофилактов начал составлять геологические карты Юго-Западного края Восточно-Европейской платформы. Он впервые в Украине и России составил и подготовил к печати геологическую карту Киевской губернии (масштаб 10 верст в дюйме), которая стала крупным достижением отечественной геологии того периода. Карта Константина Матвеевича была одной из первых геологических карт такой детальности, составленной на научной основе. В 1868 г. она была издана в Горном журнале под названием: *“Геогностическая карта Киевской губернии”*. В 1874 г. он издал еще более подробную (масштаб 200 сажень в дюйме) карту Киева (Феофилактов, 1874). Эти карты были высоко оценены его современниками и отмечены премиями Минералогического общества.

Ученый многое сделал для решения проблем водоснабжения Киева и ряда других городов Украины. По гидрогеологической проблематике в его арсенале около десяти научных работ. В статье *“К вопросу о снабжении Киева ключевой водой”* (Феофилактов, 1892) и в других работах ученый дал авторитетные заключения в области бурения скважин и пер-

вым указал на возможность артезианского водоснабжения Киева. Он также обосновал перспективы водоснабжения других городов страны, например г. Николаева. Таким образом, К. М. Феофилактов, заложил основы гидрогеологии Украины.

К. М. Феофилактов тесно связывал науку с практически запросами развития экономики и градостроительства. Для развития инженерно-геологических изысканий, строительства зданий и формирования инфраструктуры Киева большое значение имели его работы о киевских оползнях. В статье *“Приднепровские оползни и обвалы в Киеве”* ему удалось в целом точно раскрыть их природу и наметить пути борьбы с этим опасным явлением (Феофилактов, 1882). Его авторству принадлежит геологический термин *“оползень”*.

Анализируя научное творчество и блестящую педагогическую деятельность профессора К. М. Феофилактова, следует отметить, что его роль в развитии науки в Киевском университете и в подготовке поколения первоклассных геологов была выдающейся. Он воспитал плеяду талантливых ученых, в связи с чем его следует считать патриархом Украинской школы геологов. Весь полувековой период его пребывания в Киеве во второй половине XIX века заслуживает названия *“феофилактовского”* в той же мере, в какой и сам ученый заслужил у геологической общественности страны почетные звания “основателя киевской школы геологов и петрографов” (В. И. Лучицкий), “дедушки русских геологов” (Ф. Н. Чернышев), “основателя киевской геологии” (В. В. Докучаев), “Нестора российской геологии” (П. Н. Чирвинский). Среди непосредственных учеников К. М. Феофилактова следует отметить Ф. И. Каминского, Ф. К. Волкова, А. Л. Чекалюка и многих других. Он воспитал также выдающихся украинских геологов – профессоров П. Я. Армашевского, В. Е. Тарасенко и академика АН УССР П. А. Тутковского. В свою очередь учениками П. Я. Армашевского являлись академик В. И. Лучицкий, профессора П. Н. Чирвинский и В. Н. Чирвинский, Л. А. Крыжановский, П. И. Гришчинский, В. В. Дубянский, К. И. Тимофеев.

Преемник профессоров К. М. Феофилактова и П. Я. Армашевского академик В. И. Лучицкий в 1918 г. фактически стоял у истоков создания мощной Государственной службы геологии и недр Украины, а академик П. А. Тутковский – крупного Института геологических наук (1926 г.) в системе Академии наук Украины, ставшего родоначальником многочисленных институтов геологического профиля. Исторический опыт создания геологической производственной службы и высокопрофессиональных научных институтов геологического профиля в системе академии наук свидетельствует о том, что эти государственные структуры сыграли огромную роль в раскрытии уникальной минерально-сырьевой базы Украины.

Среди учеников и последователей академика П. А. Тутковского отметим профессора В. И. Крокоса, репрессированного НКВД в 1937 г. геолога-рудника, кандидата геолого-минералогических наук П. И. Василенко, доктора наук, профессора О. К. Каптаренко-Черноусову, а также плеяду многочисленных ученых-геологов отделов стратиграфо-палеонтологического направления Института геологических наук НАН Украины – В. Я. Дидковского, Д. Е. Айзенверга, П. Л. Шульгу, Ю. В. Дукельского-Тесленко, И. М. Ямниченко, В. Н. Семененко, М. В. Вдовенко, Д. Е. Макаренко, П. Ф. Гожики, А. С. Андрееву-Григорович, М. М. Иванник, М. А. Воронову, В. А. Полетаева, Т. И. Немировскую, С. В. Сябряй, В. Ю. Зосимовича, В. А. Присяжнюка, Н. И. Дикань и др. Большинство из них раскрыли в полной мере свои способности и талант уже в послевоенное время.



mru-journal.com.ua



Завідувачка редакції — С. О. НЕКРАСОВА

Літературні редактори-коректори —

Р. В. КОРНІЄНКО, Я. І. ВОЗНЮК

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 № 7469 від 5.10.2021 р.

Здано до набору 11.08.2021

Підписано до друку 11.10.2021

Формат 60х90 1/8

Папір крейдований

Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 6,5

Обл.-вид. арк. 9. Тираж 300 прим.

Зам. № 330

Адреса редакції та п/п: Київ-114, вул. Автозаводська, 78-А

E-mail: press.ukrdgri@gmail.com

<https://mru-journal.com.ua>

 <https://www.facebook.com/mrujournal>