

ISSN 1682-721X

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ 3'2014

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ
науковий журнал,
виходить 4 рази на рік,
вересень, 2014 р.
Видається з 01.03.1994 р.

УДК 55(477)(051)
ББК 26.3(4УКР)Я5
М61

ЗАСНОВНИКИ:

Державна служба геології та надр
України, Український державний
геологорозвідувальний інститут

Зареєстровано у Державній
реєстраційній службі України,
свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 19022-7902ПР від
05.06.2012 р.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР:

Сергій Володимирович Гошовський

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Михайло Валентинович Гейченко
(заст. головного редактора)
Світлана Олексіївна Некрасова
(відповідальний секретар)
Олександр Борисович Бобров
Юрій Іванович Войтенко
Петро Федосійович Гожик
Іван Гаврилович Зезекало
Леонід Васильович Ісаков
Михайло Васильович Кочкур
Микола Михайлович Костенко
Михайло Дмитрович Красножон
Євстахій Іванович Крижанівський
Ярослав Григорович Лазарук
Олександр Іванович Левченко
Георгій Григорович Лютий
Олена Ігорівна Ляшенко
Борис Ігорович Малуєк
Володимир Сергійович Міщенко
Олександр Володимирович Плотников
Олександр Миколайович Пономаренко
Василь Леонтійович Приходько
Георгій Ілліч Рудько
Віталій Іванович Старостенко
Тодор Тодоров
Анатолій Петрович Толкунов
Микола Васильович Фоцій
Ігор Семенович Чуприна
Василь Якович Шевчук
В'ячеслав Михайлович Шестопапов
Євген Олександрович Яковлев

Відповідальний за випуск
Олександр Анатолійович Лисенко

У разі передруку посилання
на "Мінеральні ресурси України"
обов'язкове

Рекомендовано до друку
вченою радою УкрДГРІ
протокол № 3 від 25.06.2014 р.

Видавництво УкрДГРІ,
свідоцтво про державну реєстрацію
№ 182 серія ДК від 18.09.2000 р.
04114, м. Київ, вул. Автозаводська, 78

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

ВАСИЛЕНКО А. П.

Мінерально-сировинна база України

Стаття 2. Стан мінерально-сировинної бази металічних корисних копалин
України та основні напрями геологорозвідувальних робіт

3

ГЕЙЧЕНКО М. В., ФЛОРЕ Н. В.

До питання вивчення і використання об'єктів геологічної
спадщини України

7

ШАТАЛОВ Н. Н.

Крупная Новоигнатьевская дайка андезитовых порфиритов зоны
сочленения Донбасса с Приазовьем и её значение для геодинамических
реконструкций и анализа соотношений разнотерминных структур

9

КАЛАШНИК А. А.

Оценка перспектив развития промышленного потенциала
минерально-сырьевой базы урана на территории Украинского щита

14

ГЕРАСИМОВ Е. С., ВСЕВОЛОДСКИЙ К. В.

Углеотходы – резерв расширения минерально-сырьевой базы полезных
ископаемых Украины (на примере Луганской области)

26

ДУМЕНКО С. С.

Перспективи використання міжнародного досвіду видобутку
газу метану вугільних пластів

29

ДЕМ'ЯНЕНКО І. І., ЄВДОЩУК М. І.,

ДЕМ'ЯНЕНКО І. І., КРИШТАЛЬ А. М.

Особливості критеріїв пошуків і розвідки покладів вуглеводнів та
ефективності геологорозвідувальних робіт

33

Рецензія на наукове видання Г. І. Рудька, Г. Р. Бали

“Основні біостратиграфічні етапи історії Землі. Сценарії техногену”

36

РУДЬКО Г. І.

Основи біогеології: від архею до техногену

37

До 90-річчя Миколи Петровича Щербака

46

Пам'яті видатного геолога Анатолія Яковича Радзівілла

(до 80-річчя від дня народження)

46

УДК 553.04:553.3/.9(477)

А. П. ВАСИЛЕНКО, канд. геол.-мінерал. наук, завідувач сектору (УкрДГРІ)

МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННА БАЗА УКРАЇНИ

СТАТТЯ 2. СТАН МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ МЕТАЛІЧНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН УКРАЇНИ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМИ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ

У статті охарактеризовано сучасний стан мінерально-сировинної бази основних видів металічних корисних копалин України. Визначено напрями та основні види геологорозвдувальних робіт, передбачених проектом змін до Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази. Розглянуто можливість нарощування обсягів ресурсів та запасів чорних, кольорових, благородних і рідкісних металів.

The current state of mineral-raw stuff base of main types of metallic minerals of Ukraine are estimated in the paper. The trends and identified the main types of geological exploration work are provided by the project draft amendments of the National program for development of mineral-raw stuff base are defined. The possibility of increasing of resources amount and mineral reserves of black, nonferrous, precious, rare-metals raw material are considered.

Україна входить до числа держав, які володіють багатими та різноманітними корисними копалинами. Мінерально-сировинний комплекс забезпечує вагомому частку валового національного продукту. Що стосується металічних корисних копалин, то сьогодні в Україні в значних обсягах ведеться видобування залізних та марганцевих руд, урану, титану, цирконію. З різним рівнем детальності вивчено родовища хрому, свинцю, цинку, міді, молібдену, літію, танталу, ніобію, рідкісних земель. Саме із запуском та істотним нарощуванням їх видобутку пов'язані потенційні можливості задоволення власних потреб промисловості та нарощення експортного потенціалу країни. Однак через складне становище економіки, що зумовлює недостатні обсяги геологорозвдувальних робіт (ГРР), темпи відтворення мінерально-сировинної бази не відповідають потребам держави.

Для поліпшення забезпечення потреб національної

економіки в мінеральних ресурсах та збільшення експортного потенціалу країни завдяки власному видобутку корисних копалин було прийнято Закон України "Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року" [3]. Однак прийняття Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази (МСБ), як би це парадоксально не звучало, кризові явища в геологічному вивченні надр не знизило. І далі спостерігається значне зменшення бюджетного фінансування та суттєве зменшення обсягів і видів ГРР майже по всіх видах корисних копалин. Отже, уже на першому етапі Програма виявилася "не працюючою", що негативно впливає на стабільний розвиток геологічної галузі. Тому виникла необхідність у внесенні змін до цього документа, які зумовлені: реструктуризацією галузі; зменшенням обсягів фінансування ГРР; необхідністю перегляду першочергових напрямів та об'єктів досліджень; невідкладною

потребою вдосконалення фінансування Програми.

Далі йтиметься стисло про стан мінерально-сировинної бази металічних корисних копалин України та основні завдання з пріоритетних напрямів, спрямованих на забезпечення промисловості вітчизняною сировиною та зміцнення експортного потенціалу, які передбачені Проектом внесення змін до МСБ.

Чорні метали

Залізо. У докембрійських комплексах Українського щита в межах Криворізького, Кременчуцького та Білозірського залізрудних басейнів зосереджено близько 100 родовищ і перспективних проявів заліза, серед яких 30 перебувають в експлуатації [2, 8]. За масштабами запасів родовища розподіляються від унікальних до дрібних.

На сьогодні українські металургійні підприємства задовольняють потреби в залізній руді з власних родовищ, деяка частина руд іде на експорт. Але незважаючи на значні запаси та ресурси, у державі є певні проблеми із забезпеченням гірничодобувних підприємств якісними

залізними рудами. Необхідно відзначити, що ресурси багатих руд у межах рудних полів діючих гірничодобувних підприємств Кривбасу на прийнятних глибинах (800–1000 м) обмежені. Економічна доцільність розробки багатих руд на більших глибинах не визначена. Безліч покладів залізистих кварцитів із вмістом $Fe_{\text{магн}}$ менше 30–35 % також потребують оцінки з позицій ринкової економіки.

Крім економічних, важливе значення має вирішення екологічних проблем Кривбасу, які не можна обмежувати лише вивченням водоприпливів до діючих та погашених шахт і кар'єрів. Необхідно проводити широкий комплекс вивчення довкілля способом проведення моніторингу неотектонічних процесів та гідрогеологічних умов у зв'язку з розробкою залізрудних родовищ.

Основними завданнями подальшого розвитку МСБ залізних руд передбачається:

– переінтерпретація, узгальнення та завірка геолого-геофізичних матеріалів з виділенням найперспективніших ділянок для пошуково-оцінювальних робіт з метою виявлення багатих руд і легкозбагачуваних магнетитових кварцитів у межах існуючих рудних районів;

– пошукова оцінка перспективних об'єктів високоякісних легкозбагачуваних магнетитових кварцитів на Побужжі та Приазов'ї.

Марганець. Україна за підтвердженими запасами марганцевих руд займає перше місце у світі. Промислові запаси марганцевих руд зосереджені в межах найбільшого в світі Нікопольського марганцеворудного басейну. Близько 80 % запасів марганцевих руд представлені карбонатними різновидами, які поки що мало використовуються в промисловості. У зв'язку з цим, все більшу актуальність набуває вирішення

ня проблеми вдосконалення технології збагачення та переробки карбонатних руд і отримання з них високоякісних концентратів та продуктів, оскільки запасів оксидних і змішаних руд, якщо не збільшувати їх видобуток, вистачить тільки на найближчі 20 років. Одночасно експлуатація родовищ Нікопольського марганцеворудного басейну впродовж десятків років, наявність запасів, що оцінювалися у різні періоди та за різною нормативною базою, потребують проведення аналізу стану сировинної бази марганцевих руд з позицій ринкової економіки.

Резервом розвитку марганцеворудної промисловості можуть стати прояви в корях вивітрювання залізомарганцевих руд, розвинених на кристалічних комплексах докембрію (Західнохашуватське, Соломіївське та ін. у Побузькому рудному районі) [7].

Для нарощування сировинної бази марганцевих руд передбачається:

- проведення пошуків нових рудних покладів оксидних марганцевих руд у межах Східного та Західного флангів Нікопольського родовища;

- прогнозна оцінка ресурсного потенціалу рудних полів у межах Великотокмацького та Федорівського родовищ;

- проведення пошукових робіт на залізомарганцеві руди в корях вивітрювання кристалічних порід докембрію в Побузькому рудному районі.

Хром. Україна поки що не має власної мінерально-сировинної бази хрому. Перспективні та прогнозні ресурси цього виду корисної копалини оцінено в Побузькому рудному районі в межах Капітанівського рудного поля, де, крім корінних руд, останніми роками було відкрито новий геолого-промисловий тип: комплексні хром-нікелеві руди в корях вивітрювання [6]. Тому для

нарощування мінерально-сировинної бази хромових руд передбачається проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт не тільки на виявлення корінних руд, але і руд у корях вивітрювання на найперспективніших об'єктах Капітанівського рудного поля (Побузький рудний район).

Кольорові метали

Нікель. Родовища на території України представлені силікатними рудами кори вивітрювання гіпербазитів і зосереджені у двох районах: у Середньому Побужжі та Середньому Придніпров'ї. Але у зв'язку з незадовільними гірничотехнічними умовами та низькою якістю руди майже вся внутрішня потреба в нікелі останніми роками забезпечується завдяки імпорту. Наявні родовища, руди яких приурочені до площинних кір вивітрювання, були розвідані в Україні ще в 50 роки ХХ ст. На сьогодні в Середньому Побужжі виявлені лінійні кори вивітрювання з промисловими вмістами нікелю та хрому [6].

Перспективи сульфідної нікеленосності України обмежені, але деякі передумови виявлення промислових родовищ сульфідного нікелю є. Це габроїдні інтрузії в північно-західній частині Українського щита та зеленокам'яні пояси з масивами гіпербазитів.

Для забезпечення металургійної промисловості сировиною та ліквідації імпортової залежності щодо нікелевих руд передбачається:

- проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт на силікатні хром-нікелеві та нікель-кобальтові руди в площинних і лінійних корях вивітрювання в межах Капітанівського рудного поля (Побузький рудний район);
- проведення пошукових робіт на сульфідні мідно-нікелеві руди в межах перспективних зеленокам'яних структур Середньопридніпровського мегаблока та в межах габроїдних масивів

північно-західної частини Українського щита.

Мідь. Україна не має промислових запасів мідних руд, незважаючи на загальні досить значні перспективні та прогнозні ресурси. Усього на території України відомо понад 150 рудопроявів міді, деякі з них можуть розглядатися як потенційні родовища. Вони пов'язані з трьома регіонами: Українським щитом, Донецькою та Волино-Подільською металогенічними міднорудними провінціями. У траповій формації Волинського рудного району (Волино-Подільська плита), де вже визначилися як найперспективніші Рафалівський та Гірницький рудні вузли, виявлено самородну мідну мінералізацію [9].

Необхідно враховувати також значні перспективи виявлення мідних руд як компонента специфічного мідно-цинково-колчеданного зрудення зеленокам'яних породних комплексів Українського щита.

Основними напрямками ГРР на мідь передбачається:

- проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт у межах найперспективніших рудних полів Волинського рудного району;

- проведення пошуково-оцінювальних робіт у межах перспективних рудопроявів південно-західного крила Бахмуцької котловини;

- проведення пошукових робіт у межах перспективних зеленокам'яних структур Середньопридніпровського мегаблока.

Свинець і цинк. В Україні відсутня власна свинцево-цинкова МСБ. У той же час у Закарпатті, південно-східній частині Дніпровсько-Донецької западини та в межах Нагольного кряжа Донбасу відомі свинцево-цинкові руди досить високої якості. У Закарпатті перспективи видобутку свинцю та цинку пов'язують із золото-поліметалічними проявами.

Для нарощування сировинної бази свинцю та цинку передбачається:

- проведення переоцінки ресурсів свинцю та цинку перспективних рудопроявів Рахівського та Вишківського рудних районів Закарпаття;

- проведення пошуково-оцінювальних робіт на Новодмитрівському рудопрояві та флангах Біляївського родовища;

- проведення пошуково-оцінювальних робіт у зоні зчленування Українського щита та Донецького басейну (Комсомольський рудний вузол).

Титан. Україна за ресурсами й запасами титану входить до числа провідних країн світу і відома як монопольний виробник у СНД титанових (ільменітових) концентратів. Поклади титану представлені розсіпними та корінними родовищами.

Континентальні ільменітові розсіпи представлені Іршанською групою родовищ (Іршанське, Лемненське, Межирічне, Валки-Гайківське), які розміщені в північно-західній частині Українського щита, та розсіпами Корсунь-Новомиргородського плутону [1].

Корінні родовища титану представлені великим Стремгородським, підготовленим до промислового освоєння, та меншим за запасами Федорівським родовищами, які розміщені в північно-західній частині Українського щита.

Зважаючи на значущість і перспективність титанової продукції у світових аспектах та на пріоритетність виробництва концентратів у промисловому комплексі України, а також збільшення експорту в країни СНД, необхідне проведення робіт, спрямованих на відкриття нових родовищ цього металу.

Для нарощування сировинної бази титану передбачається проведення пошукових і пошуково-оцінювальних робіт на перспективних об'єктах розсіпних ільменітових покладів і корінних титанових руд Волинського та Новомир-

городського рудних районів.

Вольфрам і молібден. В Україні відсутні розвідані родовища молібдену й вольфраму, хоча їх численні рудопрояви поширені на території Українського щита. На сьогодні потреби держави в цих видах сировини задовольняються завдяки імпорту.

Рудопрояви вольфраму, по яких оцінені перспективні й прогностичні ресурси, виявлені в межах Українського щита. Підвищений вміст його спостерігається в межах Інгульського мегаблока та Сергіївського золоторудного родовища в Середньому Придніпров'ї. Прояви молібдену відомі в північно-західній частині Українського щита (Устинівське рудне поле) та в Криворізько-Кременчуцькій зоні (Ганнівська зона) [5].

Останніми роками в Східноприазовському мегаблоці Українського щита, в субвулканічних структурах, виявлено рудопрояви молібдену, вольфраму, вісмуту, свинцю, срібла та інших металів. Виявлення нового перспективного типу вольфрам-молібденового зруденіння значно збільшує перспективи України на відкриття власних промислових родовищ вольфраму та молібдену.

Для нарощування сировинної бази вольфраму та молібдену передбачається:

- проведення пошукових робіт для виявлення нових та оконтурення раніше виявлених об'єктів на перспективних ділянках Східного Приазов'я з подальшим виконанням комплексу оцінювальних робіт для визначення їх промислового значення;
- проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт у центральній (східний борт Криворізько-Кременчуцької рудної зони) та північно-західній частині Українського щита.

Благородні метали

Золото та срібло. В Україні виділяються три зо-

лотоносні провінції: Карпати, Донбас та Український щит.

Карпати належать до однієї з найбільш досконало вивчених провінцій. За попередніми оцінками фахівців, загальні ресурси Карпатської провінції становлять: золота – 400 тонн, срібла – 5,5 тис. тонн, свинцю – 2,7 млн тонн, цинку – 5,3 млн тонн. Тут розвідано запаси золота в межах Мужіївського родовища та родовища Сауляк. Безпосередньо до Мужіївського родовища прилягає Берегівське золото-поліметалічне родовище з рудами аналогічного складу [2].

Золотоносність Донецького басейну вивчається давно, але через відсутність ґрунтовних досліджень немає однозначної оцінки. Загальні прогностичні ресурси Донбасу оцінюються в 400 тонн золота. Тут відкрито невелике за запасами Бобрівське родовище золото-сульфідних руд [2].

Головною золотоносною провінцією України є Український щит. Найбільш досконало вивчено сім родовищ: Майське, Клишківське, Юр'ївське, Сергіївське, Балка Золота, Балка Широка та Суразьке. Оцінені в їх межах перспективні та прогностичні ресурси становлять понад 620 тонн золота.

Для нарощування сировинної бази золота передбачається:

- продовження виконання пошукових та пошуково-оцінювальних робіт у межах перспективних зеленокам'яних структур Середнього Придніпров'я та Західного Приазов'я;
- проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт на перспективних ділянках Берегівського, Вишківського рудних полів та Рахівського рудного району;
- проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт у Нагольному рудному районі Донбасу;
- оцінка золотоносності рудопроявів Савранської

металогенічної зони (Побузький рудний район) та інших перспективних ділянок Українського щита.

Метали платинової групи. Необхідність оцінки перспективних геологічних формацій України на наявність металів платинової групи викликана постійним розширенням сфери їх використання. На сьогодні в Україні розвідані запаси металів платинової групи відсутні. Є досить високі загальні перспективи платиноносності різних геологічних формацій. Нині досить упевнено можна говорити про ресурси металів платинової групи, що пов'язані з рудними формаціями самородної міді в трапах Волині, хромітоносними масивами гіпербазитів Середнього Побужжя та мафіт-ультрамафітовими комплексами Волинського мегаблока.

Для нарощування сировинної бази платиноідів необхідне проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт у межах перспективних рудних полів Середнього Побужжя, трапових відкладів Волині та мафіт-ультрамафітових комплексів Волинського мегаблока.

Рідкісні

та рідкісноземельні метали

Тантал і ніобій. Ресурсний потенціал танталу та ніобію в Україні є найвищим в Європі. Проте видобуток тантал-ніобієвої сировини в Україні нині не проводиться. Виробничі потужності з випуску готової продукції майже не задіяні через зменшення виробництва концентратів у Росії. Україна в змозі повністю забезпечити власні потреби в тантал-ніобієвій сировині. У межах Українського щита виділяються три великі рідкіснометалеві райони поширення танталу та ніобію: Приазовський, Центральноукраїнський та Північно-Західний.

Найбільш ґрунтовно вивчено об'єкти Приазов'я, що

мають значні ресурси й запаси, а також сприятливі гірничо-геологічні та гідрогеологічні умови для розробки.

Невеликі за розмірами рудопрояви (але з високим вмістом танталу – 0,10–0,15 відсотка) відкрито в межах Ганнівсько-Звенигородської зони (Мостове, Копанки, Вись та інші) в межах Центральноукраїнського району. Там же, у межах Липнязького гранітного купола, поряд з літій-танталовим виявлено суттєво танталове зруденіння (прояви: Новостанкуватський, Липнязький, Надія, Ташлицький, Новоодеський). Руди комплексні, в невеликих кількостях наявні літій, рубідій, цезій, берилій, олово [2, 4].

Для нарощування сировинної бази танталу та ніобію передбачається проведення пошукових і пошуково-оцінювальних робіт у межах Ганнівсько-Звенигородської зони та інших перспективних районів УЩ.

Цирконій.

Україна за ресурсами та запасами цирконію входить до числа провідних країн світу. У центральній частині Українського щита і на його схилах виявлені й різною мірою розвідані комплексні родовища розсіпів циркон-ільменіт-рутилу в теригенних відкладах сарматського ярусу і полтавської світи неогену (Малишевське, Вовчанське, Воскресенське, Тарасівське, Краснокутське та інші). У Приазов'ї розміщені великі родовища комплексних рідкіснометалевих, цирконій-рідкісноземельних руд (Мазурівське, Азовське, Новополтавське). Як супутня корисна копалина цирконій виявлений у флюорит-рідкісноземельних рудах Ястребецького родовища та на берилієвому Пержанському родовищі в північно-західній частині Українського щита.

Споживання цирконію і його сполук в Україні становить у середньому 90 тонн на

рік і повністю забезпечується власним виробництвом [2]. Перспективна потреба в цирконієвій сировині та сплавах на період до 2020 року оцінюється в 320 тонн.

На запасах Малишевського розсипного родовища працює Вільногірський гірничо-металургійний комбінат, який постачає цирконові концентрати та продукти їх первинної переробки.

Основними напрямками розвитку МСБ цирконію передбачається проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт у межах північного схилу УЩ (Придніпровська розсипна зона).

Рідкісноземельні метали. Сучасна мінерально-сировинна база рідкісноземельних елементів та ітрію (РЗЕ) визначається регіоном Українського щита і його осадового чохла. За оцінками потреби України в рідкісних землях на сьогодні становлять сотні тонн. Україна має промислові потужності і технології для отримання високочистих рідкісноземельних металів та їх сполук і сплавів, що широко використовуються. Освоєння власної мінерально-сировинної бази рідкісноземельних металів, без яких неможливе виробництво високоякісних конкурентоспроможних сталей і сплавів, стало нагальною потребою.

Усі відомі рідкісноземельні об'єкти є комплексними. Визначена ендегенна та екзогенна рідкіснометалева мінералізація. Екзогенна мінералізація пов'язана як з корою вивітрювання, так і з монацитмісними розсипами. Розсипи з умістом монациту 100–1000 г/м³ відомі в межах Волинського та Приазовського мегаблоків [10]. Руди більшості об'єктів є бідними або рядовими. Досвіду промислового видобутку й збагачення таких руд у світовій практиці не накопичено. Тому питання про їх залучення в експлуатацію на сьогодні є невирішеним.

У межах Приазовського мегаблока Українського щита відкрито Азовське родовище циркон-рідкісноземельних руд. Також Державним балансом запасів корисних копалин ураховано Новополтавське родовище апатит-рідкіснометалевих руд з умістом суми рідкісних земель до 4,6 %.

Для нарощування сировинної бази рідкісних земель передбачається проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт у межах Шевченківського рудного поля та перспективних ділянок Приазовського мегаблока.

Радіоактивні метали

Уран. Загальний стан уранової мінерально-сировинної бази оцінюється як задовільний. За ресурсами й підтвердженими запасами урану Україна входить у першу десятку країн світу і є провідною в Європі. На сьогодні відкрито й розвідано 21 родовище урану [8].

Основні поклади урану зосереджені в межах Українського щита, де виділяють дві головні металогенічні області, що визначають мінерально-сировинну базу країни: Кіровоградську (з Центральноукраїнським ураново-рудним районом) та Придніпровська (з Криворізько-Кременчуцькою та Західноінгулецькою металогенічними зонами). У межах Центральноукраїнського ураново-рудного району розміщені великі за запасами родовища, уранові руди яких за якістю належать до рядових і бідних.

До резервних належать невеликі за запасами родовища (крайова частина Західноінгулецької металогенічної зони): Південне, Лозуватське та Калинівське, руди яких разом з ураном вміщують торій, молібден та рідкісноземельні метали й родовища з прояви урану в межах зони зчленування ДДЗ і Донецької складчастої споруди (уран-бітумний тип).

Для нарощування сировинної бази урану передбачається:

– проведення пошукових і пошуково-оцінювальних робіт у межах перспективних рудних районів і площ Українського щита, ДДЗ та Південнодонбаського рудного району;

– нарощування промислових запасів урану в межах Центральноукраїнського рудного району.

Підсумовуючи вищенаведені дані щодо стану МСБ металічних корисних копалин України та основних напрямів ГРР, можна зробити такі висновки:

1. МСБ металічних корисних копалин в Україні є розвинутою і в основному забезпечує різноманітні галузі промисловості та народного господарства. Інтенсивно розробляються родовища заліза, марганцю, титану, цирконію. У той же час розвідані, але не експлуатуються через різні причини (економічні, екологічні, гірничотехнічні тощо), родовища рідкісних та рідкісноземельних металів, міді, золота.

2. В Україні існують перспективи на виявлення родовищ нових геолого-промислових типів корисних копалин: комплексних хром-нікелевих руд у лінійних корах вивітрювання, залізомарганцевих руд у корах вивітрювання кристалічних порід докембрію, сульфідних мідно-нікелевих руд, самородної міді, вольфрам-молібденових руд.

3. Проектом внесення змін до Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 р. передбачено нові тенденції в стратегії та проведенні геологорозвідувальних робіт, а саме:

– здійснено переорієнтацію на ті напрями, які дадуть можливість максимально зменшити залежність промисловості країни від ввозу сировини та розширити її експортні можливості;

– обмежена участь держави у фінансуванні повної підготовки родовищ до експлуатації, за винятком стратегічних об'єктів;

– державне фінансування дослідження надр передбачено спрямувати на проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт для виявлення інвестиційно привабливих об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Василенко А. П., Трохименко В. М. Перші результати проведення моніторингу та наукового супроводження розробки розсипних титанових родовищ у межах західної частини УЩ//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2014. – № 1. – С. 33–39.
2. Гошовський С. В., Гурський Д. С. Основні завдання розвитку мінерально-сировинної бази до 2010 р./Мінеральні ресурси України. – 2002. – № 2. – С. 3–8.
3. Закон України “Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року”. № 4731-VI від 17.05.2012 р.
4. Іванов Б. Н., Маківчук О. Ф., Бузаєнко В. М. та ін. Основні типи рідкіснометалевих родовищ і рудопроявів західної частини Кіровоградського блоку//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2002. – № 1–2. – С. 101–107.
5. Іванов В. М., Дишук Ю. Г., Козар М. А. та ін. Деякі генетичні особливості Ганнівського вольфрам-мідно-молібденового зруденіння (Криворізько-Кременчуцька зона, Україна)/Мінеральні ресурси України. – 2011. – № 3. – С. 24–29.
6. Ленізов Г. Д., Василенко А. П. Капітанівське родовище нікелевих і хромітових руд//Мінеральні ресурси України. – 1996. – № 4. – С. 22–23.
7. Ленізов Г. Д., Василенко А. П. Щодо перспектив Хашуватського родовища залізомарганцевих руд//Мінеральні ресурси України. – 2005. – № 4. – С. 23–26.
8. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т. I. Металічні корисні копалини//Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. та ін. – Львів: Центр Європи, 2005. – 785 с.
9. Приходько В. Л., Приходько М. В. Трапова формація Волині та самородномідне зруденіння//Зб. наук. пр. УкрДГРІ. – 2005. – № 1. – С. 101–109.
10. Россыпные месторождения России и других стран СНГ

(минералогія, промислові типи, стратегія розвитку мінерально-сировинної бази). М.: Научный мир, 1997. – 479 с.

REFERENCES

1. *Vasylenko A. P., Trokhymenko V. M.* The First results of realization of monitoring and scientific accompaniment of development of loose titanite deposits within the limits of western part of US//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2014. – N 1. – P. 33–39. (In Ukrainian).

2. *Hoshovskyi C. V., Hyrskyi D. C.* The main objectives of the development of the mineral resources base to 2010 y.//Mineralni resursy Ukrainy. – 2002. – N 2. – P. 3–8. (In Ukrainian).

3. Law of Ukraine “On Approval of the National Program of the mineral resource base of Ukraine for the period to 2030 y.” N. 4731-VI dated 17.05.2012. (In Ukrainian).

4. *Ivanov B. N., Makivchuk O. F., Bygaenko V. M.* Basic types of rare metal deposits of western part of the Kirovohrad block//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2002. – N 1–2. – P. 101–107. (In Ukrainian).

5. *Ivanov V. M., Dityuk U. G., Kozar M. A.* Some genetic features of Gannivskogo of tungsten-copper-molybdenum mineral deposits//Mineralni resursy Ukrainy. – 2011. – N 3. – P. 24–29. (In Ukrainian).

6. *Lepigov G. D., Vasylenko A. P.* Kapitanivka deposit of nickel and chromite ore//Mineralni resursy Ukrainy. – 1996. – N 4. – P. 22–23. (In Ukrainian).

7. *Lepigov G. D., Vasylenko A. P.* Regarding prospects Haschuvat-skoho deposits of iron-manganese ores//Mineralni resursy Ukrainy. – 2005. – N 4. – P. 23–26. (In Ukrainian).

8. Mineral deposits of Ukraine. Volume I. The metalliferous mineral deposits//Hyrskyi D. C., Esipchuk K. E., Kalinin V. I. – Lviv: Tsent Yevropy, 2005. – 785 p. (In Ukrainian).

9. *Prihodko V. L., Prihodko M. V.* Trap formations, located in Volhynia and copper mineralization//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2005. – N 1. – P. 101–109. (In Ukrainian).

10. Placer deposits in Russia and other CIS countries (mineralogy, industrial types, the strategy of development of mineral resource base). – М.: Nauchnij mir, 1997. – P. 24–379. (In Russian).

М. В. ГЕЙЧЕНКО, завідувач науково-дослідного відділення ПВНЗ “Інститут Тутковського”, geich@ukr.net,
Н. В. ФЛОРЕ, начальник відділу департаменту геології Державної служби геології та надр України, nflore@mail.ru

ДО ПИТАННЯ ВИВЧЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ОБ’ЄКТІВ ГЕОЛОГІЧНОЇ СПАДЩИНИ УКРАЇНИ

У статті розглянута позиція Державної служби геології та надр України щодо подальшого розвитку досліджень геологічних пам’яток в Україні.

This article deals with a position of the State Service of Geology and Mineral Resources of Ukraine for the further development of studies of geological monuments in Ukraine.

Вивчення геологічних пам’яток, їх облік і вжиття заходів, спрямованих на збереження геологічної спадщини, а також популяризація геологічних знань серед громадськості, зокрема розвитком геологічного туризму є традиційними та пріоритетними напрямками діяльності геологічних служб розвинених країн. У міру дуже обмежених можливостей цими питаннями займається і Державна служба геології та надр України – центральний орган виконавчої влади у сфері геологічного вивчення та використання надр. Узагалі одразу треба зазначити, що питання геотуризму є досить широким, може бути суттєвим важелем економічного розвитку, а роботи в цьому напрямку вистачить і державним, і науковим, і навчальним, і приватним підприємствам і закладам. Про конкуренцію в цій сфері говорити поки що зарано, йтиметься про взаємодію та опосередковану рекламу. Будь-який позитивний результат у цій сфері є найкращою рекламою для розвитку міжнародного геотуризму. І навпаки, невдало проведені тематичні геологічні екскурсії можуть відштовхнути потенційних клієнтів. Їх організація і проведення потребує ретельного підходу на всіх етапах – від вибору клієнтури (а це можуть бути студенти вищих навчальних закладів, геологично-науковці різної спеціалізації, фахівці гірничодобувної галузі, прості туристи, які, серед іншого, цікавляться унікаль-

ними природними спорудами), створення путівників геологічних екскурсій до питань транспорту, розміщення, харчування тощо. Звісно, Держгеонадра не в змозі виконати весь обсяг робіт власними силами, але виступити як координатор (зокрема для недопущення дилетантизму і шарлатанства) – прямий її обов’язок. Організацією та проведенням тематичних геологічних екскурсій повинні займатися, на нашу думку, приватні й державні геологічні підприємства та установи, вітчизняні вищі навчальні заклади (ВНЗ), громадські організації (наприклад, Спілка геологів України).

Вивченню геологічної спадщини Держгеолслужбою та її структурними підрозділами особлива увага приділяється останніми 20–25 роками. Помітний поштовх у цьому питанні дали роботи, пов’язані зі створенням комплектів Державної геологічної карти масштабу 1:200 000, до складу яких входять схеми розміщення геологічних пам’яток, а у відповідному розділі наводиться їх опис. Чим же викликаний інтерес до вивчення і поки що майже нереалізовані можливості використання геологічної спадщини України?

По-перше, Україна має унікальну геологічну позицію, яка зумовлює різноманіття геологічних структур (починаючи від ранньодокембрійських утворень Українського щита до альпійської складчастості), значну кількість стратигічних розрізів, що мають планетарне значення, прояви унікальних ендеогенних та ек-

зогенних процесів тощо.

По-друге, на території України є унікальні геологічні об’єкти планетарного значення, які відкриті, описані та вивчені вітчизняними фахівцями; поширення інформації про них піднімає авторитет вітчизняної геологічної науки, робить нашу країну туристично-привабливою.

По-третє, наукова та освітня роль геологічних утворень як об’єктів вивчення новими поколіннями геологів (що зумовило створення на їх основі науково-практичних полігонів для студентів вітчизняних ВНЗ) потребують створення великомасштабних геологічних карт таких полігонів (і водночас такі карти повинні легко сприйматись непрофесійними геологами), а також потребують поглиблених лабораторно-аналітичних досліджень.

По-четверте, не можна недооцінювати естетичне значення геологічних утворень, які формують неповторність ландшафтів, їх привабливість з погляду рекреаційних ресурсів та є джерелом так званого геологічного туризму в межах існуючих природоохоронних територій.

По-п’яте, планомірне геологічне вивчення території України потребує поглибленого вивчення об’єктів, які є маркерами геологічних обстановок і рудогенеруючих процесів.

Хоча вивчення геологічних пам’яток в Україні вже має свою історію, починаючи із середини ХХ століття, можна стверджувати, що

цілеспрямоване і системне їх вивчення в нашій державі – це відносно новий напрям геологічних досліджень. Своєрідними віхами в розвитку цього напрямку стали видання в 1987 році довідника-путівника “Геологические памятники Украины” та чотиритомне видання Державної геологічної служби “Геологічні пам’ятки України”; про яке дуже багато було і схвальних, і критичних відгуків. В усякому випадку це видання нікого не залишило байдужим і навіть надихнуло на подальший розвиток вивчення геологічної спадщини, можливо дещо несподіваний, але надзвичайно цікавий.

І в цьому контексті не можна не згадати про видання у 2012 році атласу-довідника “Природные геофизические феномены Украины”. Автор цієї ідеї та самого видання – кандидат геолого-мінералогічних наук, керівник одного зі структурних підрозділів Державного геологічного підприємства “Українська геологічна компанія” (колишнє підприємство “Північгеологія”) В. А. Єнтін – у розвиток досліджень геологічних пам’яток запропонував концепцію і створив атлас-довідник “Природні геофізичні феномени України”, в якому наведена характеристика 24-х природних геофізичних аномалій магнітного та гравітаційного полів; він уже зараз може використовуватись як навчальний посібник для студентів геологічних спеціальностей.

У ході опрацювання згаданого чотиритомного видання в науковців, зокрема, гідрогеологів виникла пропозиція стосовно виділення гідрогеологічних пам’яток природи. Статус гідрогеологічної пам’ятки пропонується надавати унікальним і рідкісним природним виходам підземних і мінеральних вод (джерела) та природним резервуарам поверхневих вод (озера), у формуванні яких брали участь геологічні екзогенні

процеси. При чому, основними критеріями виділення джерел підземних вод як пам’яток має бути величина дебіту, газогідрохімічні особливості і фізичні властивості вод. Як відомо, Україна володіє унікальним гідромінеральним потенціалом, представленим мінеральними водами найрізноманітніших типів. Згадаємо лише унікальну за терапевтичною дією та запасами мінеральну воду “Нафтуся”. На сьогодні можна рекомендувати 12 родовищ унікальних мінеральних підземних вод як гідрогеологічні пам’ятки.

Спірним поки що залишається питання віднесення до геологічних пам’яток, що виникли внаслідок дії екзогенних геологічних процесів, до певного генетичного типу (зсуви, карстові утворення – печери, воронки). У чотиритомнику вони визначені як геоморфологічні, рідше спелеологічні. Якщо ж відштовхуватися від того, що основним чинником карстових процесів є підземні води, пропонується, виходячи з генетичних принципів класифікації, карстові утворення також зарахувати до гідрогеологічних пам’яток. Те саме стосується зсувних процесів.

Які головні завдання стоять перед Державною службою геології та надр України на сучасному етапі? Можна окреслити їх такими пунктами.

1. Вивченню геологічних пам’яток, як відносно новому напрямку наукових досліджень, властиві проблеми, пов’язані з необхідністю вдосконалення понятійно-термінологічної та методологічної бази. Особливої уваги потребує розробка класифікації геологічних пам’яток. Це питання найбільш дискусійне та потребує вироблення єдиних підходів до визначення типу геологічної пам’ятки за такими показниками: генетичне походження об’єкта або процес, що призвів до його утворення; за геологічною наукою, яка

вивчає об’єкт (за предметом дослідження); характер розкриття об’єкта; сучасний стан об’єкта з оцінкою ризику його руйнування; оцінка естетичної привабливості та екскурсійно-туристичної складової. Необхідно провести ранжування критеріїв зарахування пам’ятки до того чи іншого типу, але головним є призначення об’єкта геологічної пам’ятки: стратиграфічне, тектонічне, мінералогічне, комплексне тощо. Має бути доопрацьовано визначення геологічної пам’ятки.

2. Вироблення і вдосконалення існуючої законодавчої та нормативно-правової бази на сьогодні є чи найголовнішим завданням. Геологічні пам’ятки підпадають під дію Закону України “Про природно-заповідний фонд України”. Правові основи організації, охорони та ефективного використання природно-заповідного фонду визначаються цим Законом. Тому всю існуючу базу геологічних пам’яток необхідно привести у відповідність до Закону, або внести необхідні зміни до нього. Це стосується класифікації територій та об’єктів природно-заповідного фонду (згідно зі статтею 3 – “До природно-заповідного фонду України належать: природні території та об’єкти – природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам’ятки природи, заповідні урочища”, поняття “геопарк” відсутнє); залежно від їх екологічної і наукової цінності об’єкти природно-заповідного фонду, згідно із Законом, можуть бути загальнодержавного та місцевого значення, а регіонального, яким наразі оперують дослідники, немає. У зв’язку з цим назріла необхідність розроблення та затвердження підзаконного акта “Положення про геологічну пам’ятку (про геологічні об’єкти природно-заповідного фонду)”, вдосконалення системи заповідання та облі-

ку цих об’єктів, уніфікація їх маркування тощо. Крім того, процедура узаконення геологічної пам’ятки є дуже громіздкою, не стимулює тих, хто добивається визнання її статусу, і тому узаконення нових пам’яток практично немає.

3. Проведення постійного моніторингу геологічних пам’яток, оскільки зазначені об’єкти піддаються постійному впливу екзогенних геологічних процесів, а подекуди впливу техногенних чинників. Ці роботи проводяться з 2005 року. Вони планувалися, як постійні держбюджетні теми на усіх регіональних геологічних підприємствах, підпорядкованих Держгеонадрам України. Окреме завдання цих робіт – відкриття і дослідження нових геологічних пам’яток, виявлених під час проведення геологознімальних і геологорозвідувальних робіт.

4. Розвиток і поглиблення співробітництва з геологічними службами інших країн з метою набуття та розширення досвіду з проблем вивчення та популяризації геологічної спадщини, налагодження співпраці з Європейською асоціацією зі збереження геологічної спадщини ProGeo.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України “Про природно-заповідний фонд України” від 16.06.1992 р. № 2456-ХІІ.
2. *Єнтін В. А.* Природные геофизические феномены Украины/Под ред. О. Б. Гинтова, В.А.Великанова. – Киев, 2012. – 75 с.
3. *Люта Н. Г., Саніна І. В., Лютий Г. Г.* Ще раз про геологічні пам’ятки/Мінеральні ресурси України. – 2012. – № 1. – С. 39–44.

REFERENCES

1. Law of Ukraine “On the Nature Reserve Fund of Ukraine” from the 16.06.1992 № 2456-XII. (In Ukrainian).
2. *Entin V.* Natural geophysical phenomena of Ukraine/Edited by O. Gintova, V. Velykanova. Kyiv, 2012. – 75 p. (In Russian).
3. *Lyuta N., Sanina I., Lyutyu G.* Once again about geological monuments//Mineral resources of Ukraine. – 2012. – № 1. – P. 39–44. (In Ukrainian).

УДК 552.322:551.24 (477.62)

Н. Н. ШАТАЛОВ, д-р геол. наук, старший научный сотрудник (Институт геологических наук НАН Украины)

КРУПНАЯ НОВОИГНАТЬЕВСКАЯ ДАЙКА АНДЕЗИТОВЫХ ПОРФИРИТОВ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ДОНБАССА С ПРИАЗОВЬЕМ И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ И АНАЛИЗА СООТНОШЕНИЙ РАЗНОГЛУБИННЫХ СТРУКТУР

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Приведены результаты изучения сравнительно крупной дайки андезитовых порфиритов и ее роли как индикатора разломно-блоковой тектоники и глубинного строения зоны сочленения Донбасса с Приазовьем. Определены закономерности структурно-геологической позиции Новоигнатъевской дайки (одноименного месторождения доброкачественных материалов) и ее приуроченности к узлу пересечения разломов ортогональной и диагональной систем. Проанализированы возможные глубины формирования андезитовых магм.

The large dyke of andesite porphyrites as an indicator of fault-block tectonics and the deep structure of Donbas and Near-Azovian junction zone has been studied. The structural and geological position of Novoignatievian dyke, its features, and conformity with the fault intersection node for the orthogonal and diagonal systems are defined. The possible depths of andesite magma formation are considered.

Вступление

Район локализации сравнительно крупной Новоигнатъевской дайки андезитовых порфиритов, изученной и разведанной Укргеолстроем в качестве месторождения строительных материалов, охватывает южные окраины Донбасса и зону сочленения его с Приазовским мегаблоком Украинского щита (УЩ).

В геологическом строении региона выделяются три структурных этажа (рис. 1). Нижний (докембрийский) структурный этаж представлен древними архей-протерозойскими кристаллическими породами, средний (герцинский) – палеозойскими осадочными, осадочно-

вулканогенными и интрузивными породами и верхний (альпийский) – мезо-кайнозойскими осадочными отложениями платформенного чехла [1–19].

Здесь довольно широко распространены также дайки, штоки, лакколиты, межпластовые залежи и другой формы тела, сложенные породами андезит-трахиандезитового комплекса. В зоне сочленения Донбасса с Приазовьем они являются наиболее молодыми магматическими образованиями. В силу структурной позиции, трещиноватости, петрографического состава, плотности и других физико-механических свойств породы андезит-трахиандезитового комплекса являются важным объектом для

промышленной разработки в качестве месторождений строительных материалов. Одним из наиболее интересных в этом плане объектов является Новоигнатъевская дайка.

Сравнительно крупная Новоигнатъевская дайка пироксен-роговообманковых андезитовых порфиритов (рис. 2) геолого-геофизическими методами и буровыми скважинами закартирована (а позднее разведана) вблизи устьевой части балки Хайна-Чокрак, по левому склону р. Мокрая Волноваха, в 5,5 км восточнее с. Новоигнатъевка.

Азимут простирания дайки северо-запад 290°, азимут падения северо-восток 20°, угол падения 75°. Мощность дайки варьирует от 300 до 600 м (рис. 2). По простира-

нию дайка прослежена на расстоянии не менее 3 км. Обнажение дайки наблюдается лишь в пределах левого склона р. Мокрая Волноваха. Вмещающими породами являются осадочно-вулканогенные образования долгинской и раздольненской свит верхнего девона. Некоторые разновидности (туфопесчаники, песчаники, конгломераты и др.) пород указанных свит девона вскрыты скважинами № 1, 5, 12, 18, 25 в экзоконтактах дайки. Для них характерна темно-бурая окраска, мелко-среднезернистое строение, шероховатость. В обломочной части преобладают зерна кварцевого состава, пирокластический материал присутствует в незначительном количестве. Он представлен обломками различных пород и лимонитизированного вулканического стекла, цементированными кремнисто-карбонатными образованиями.

Тектоника. Как видно на рис. 1 и 2, Новоигнатъевская дайка приурочена к узлу пересечения различно ориентированных разрывных нарушений ортогональной и диагональной систем, создающих здесь микроблоковую структуру. Контакты с вмещающими ее осадочно-вулканогенными породами долгинской и раздольненской свит верхнего девона тектонические. Сбросо-сдвиговыми смещениями геоблоков по системам субмеридиональных и северо-восточных разрывных нарушений обусловлено ее северо-западное выклинивание. Дайка прорывает породы докембрийского кристаллического фундамента и пологонаклоненные в северном направлении (до 20°) осадочно-вулканогенные образования среднего и верхнего девона, а перекрывается маломощными осадками антропогена.

Структурно Новоигнатъевская дайка приурочена к зоне сочленения Донбасса

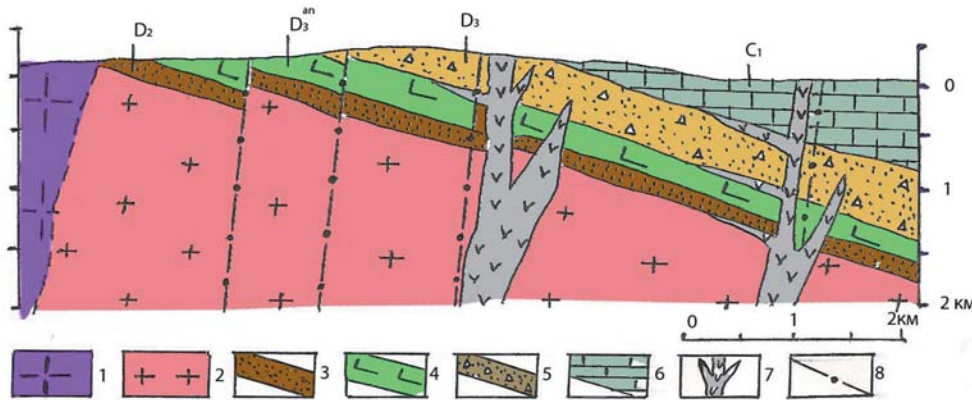


Рис. 1. Схематический геологический разрез района внедрения Новоигнатьевской дайки андезитовых порфиритов:

1 – граниты амфиболовые и амфибол-пироксеновые (дубовские); 2 – граносиениты восточноприазовского комплекса; 3 – песчаники, сланцы николаевской свиты (D_2); 4 – вулканогенные щелочно-базальтоидные породы (базальты, авгититы и др.) антоновской свиты (D_{3an}); 5 – нерасчлененные образования долгинской (песчаники, конгломераты, алевролиты, аргиллиты) и раздольненской (песчаники, алевролиты, туфы кремнистые) свит (D_3); 6 – известняки и доломиты турнейского и визейского ярусов каменноугольной системы (C_1); 7 – малые интрузии и дайки андезит-трахиандезитового комплекса; 8 – разломы

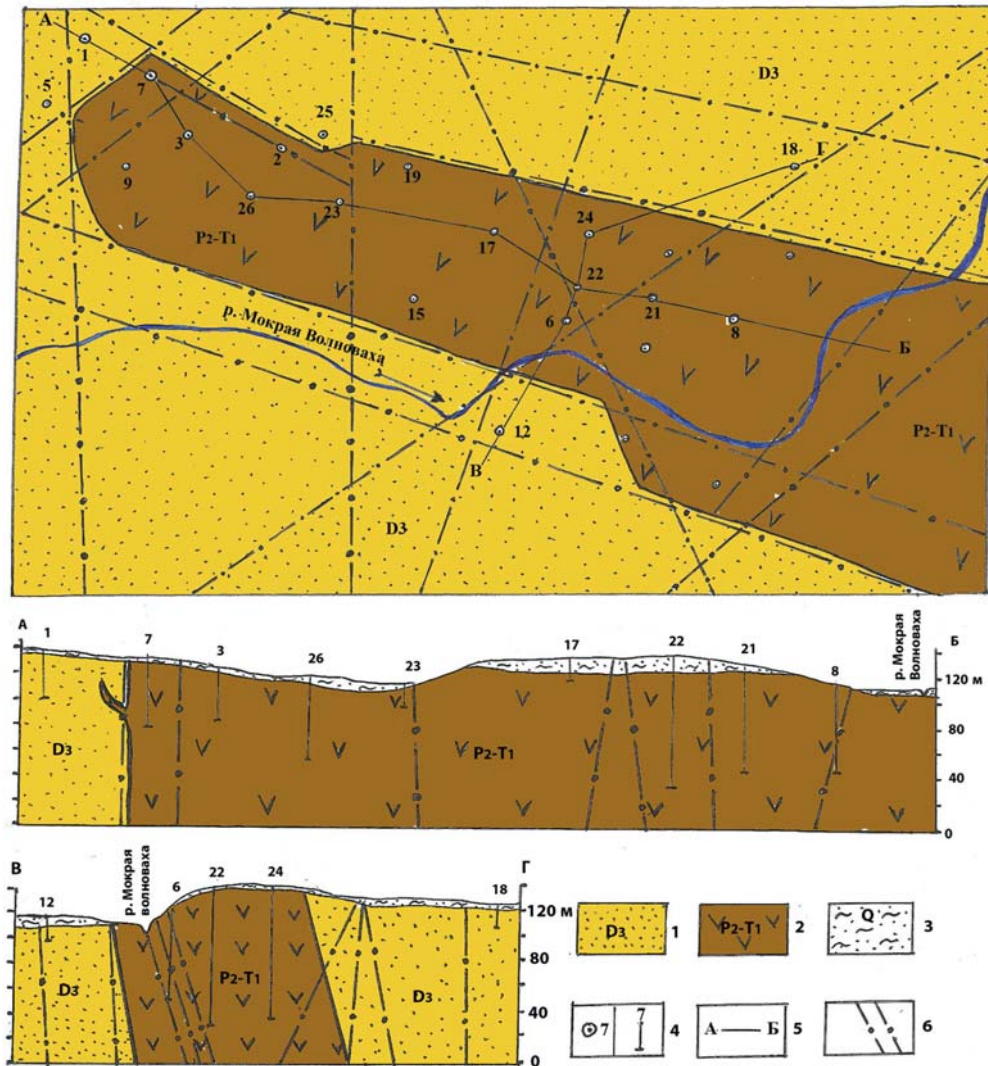


Рис. 2. Схематический план и геологические разрезы (по линиям А-Б и В-Г) Новоигнатьевской дайки андезитовых порфиритов:

1 – нерасчлененные образования долгинской (песчаники, конгломераты, алевролиты, аргиллиты) и раздольненской (песчаники, алевролиты, туфы кремнистые) свит (D_3); 2 – дайка андезитовых порфиритов; 3 – осадочные породы антропогена; 4 – скважины и их номера; 5 – геологические разрезы по линиям А-Б и В-Г; 6 – разломы

с Приазовским мегаблоком УЩ [1–19]. Данную зону исследователи нередко рассматривают как Южно-Донецкий микроавлакоген субширотного простирания шириной 20–30 и длиной 90–100 км или как Южно-Донбасскую зону разломов, представляющую собой крупный тектонический шов, разделяющий Донецкий глубинный прогиб (являющийся юго-восточной частью Днепровско-Донецкого авлакогена или рифт-синеклизы) и Приазовский мегаблок УЩ [1–4, 14–19]. В тектоническом отношении описываемая зона с юга и севера ограничена глубинными разломами, по которым наблюдаются резкие опускания (сбросы, сбросо-свиги) пород докембрийского кристаллического фундамента и фанерозойских осадочно-вулканогенных образований. Сформированная таким образом зона сочленения Донбасса с Приазовьем (микроавлакоген) характеризуется резкими изменениями фациального состава и мощности осадочно-вулканогенных образований, сложной разломно-блоковой и сдвиговой тектоники, интенсивным магматизмом. Амплитуды отдельных сбросов здесь достигают 1–2 км, а продольных и поперечных сдвигов – 4–5 км [8–11, 13].

Заложение горсто-грабеновых структур зоны сочленения Донбасса с Приазовским мегаблоком УЩ произошло в раннефранское время, в связи с тектоническими движениями, интенсивно проявившимися после формирования осадочных пород николаевской свиты (средний девон). В течение девона – антропогена литосфера описываемого региона претерпела сложное тектоническое развитие. Основная роль в заложении и развитии Южно-Донецкого микроавлакогена принадлежала эндогенным тектоническим движениям (вер-

тикальним, латеральним, наклонним) и пульсациям астеносферного диапира – мощного генератора тепла, энергии, подвижной магмы, флюидов и рудоносных гидротермально-метасоматических растворов.

Территория Южно-Донецкого грабена, где закартирована Новоигнатьевская дайка андезитовых порфиритов, разломами расчленяется на ряд более мелких блоков – Камышевахский, Богдановский, Николаевский, Новотроицкий, Ольгинский. Новоигнатьевская дайка пространственно и структурно тяготеет к узлу пересечения Горняцкого и Хайна-Чокракского глубинных разломов, испытавших сбросо-сдвиговый характер движений и многократную тектономагматическую активизацию. По Хайна-Чокракскому сбросу субширотного простирания, в частности, произошло погружение докембрийских и девонских осадочно-вулканогенных пород в северном направлении. Горняцкий сбросо-сдвиг субмеридионального простирания с запада ограничивает распространение андезитовых порфиритов Новоигнатьевской дайки. По Горняцкому разлому также произошли вертикальные и горизонтальные смещения пород докембрийского кристаллического фундамента и осадочно-вулканогенных образований девона и карбона.

Трещиноватость. В андезитовых порфиритах Новоигнатьевской дайки, как и во вмещающих их осадочных породах, наиболее развиты системы трещин с азимутами простирания 270°, 290–300°, 330–335°, 355–360°, 20°, 40°, 60°, 75°. Наиболее распространены среди трещин системы с азимутами простирания северо-запад 290° и 355–360°. Несколько менее развиты в дайке разрывные нарушения с простиранием северо-запад 335° и северо-восток 20°, 40°, 60°. Серии субвертикальных,

субгоризонтальных и наклонных трещин секут породы дайки, образуя мелкие столбчатые (блочные) отдельности. Полевые наблюдения свидетельствуют о том, что андезитовые порфириты дайки расчленены трещинами, создающими столбчатые отдельности, состоящие из пяти- и шестигранных столбов, которые иногда расходятся веерообразно.

Вдоль основной системы трещиноватости (355–360°) развиты удлиненные зерна роговой обманки и кальцит. Системы контракционных и тектонических трещин других ориентировок нередко минерализованы кальцитом, сульфидами железа, меди, свинца и цинка. Кроме того, по трещинам в дайке развиты радиоактивные минералы, о чем свидетельствуют геохимические данные и результаты замеров радиоактивности прибором СРП по скв. № 24. Системы субгоризонтальных и наклонных (под углом 40–70°) трещин в породах дайки менее распространены, нежели субвертикальные. Важно отметить, что породы андезит-трахиандезитового комплекса, закартированные в других участках зоны сочленения Донбасса с Приазовьем и в северных прибортовых частях Приазовского мегаблока УЩ, также расчленены многочисленными субвертикальными, субгоризонтальными и наклонными трещинами. Полевые исследования штоков, даек, лакколитообразных тел андезит-трахиандезитового комплекса, развитых в устье балки Камышеваха, по рекам Сухая Волноваха, Мокрая Волноваха и в карьере у с. Новотроицкое, свидетельствуют о том, что характер их трещиноватости весьма однотипен. Здесь повсеместно развиты серии субвертикальных, субгоризонтальных и наклонных тектонических и контракционных трещин, расчленяющих породы ком-

плекса на столбчатые (блочные) отдельности, что является благоприятным признаком при разработке Новоигнатьевского месторождения строительных материалов. При этом субвертикальные системы трещин довольно часто совпадают с системами трещин отдельности осадочных пород Донбасса и Приазовского мегаблока УЩ.

Петрография и петрохимия. Новоигнатьевскую дайку андезитовых порфиритов следует рассматривать в составе пород андезит-трахиандезитового комплекса Донбасса, где выделены андезит-базальты, андезиты, андезитовые порфириты, андезит-дациты, дациты, трахиандезиты, трахидациты и кварцевые латиты [2–4, 12]. Все разнообразие локализованных в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем и в прибортовой части Приазовского мегаблока пород андезит-трахиандезитового комплекса обусловлено вариациями главных породообразующих минералов, а именно: пироксена, роговой обманки, плагиоклаза, калиевого полевого шпата и кварца.

По петрографическим и петрохимическим данным породы Новоигнатьевской дайки относятся к группе пироксен-роговообманковых андезитов (андезито-дацитов). С учетом структуры этих пород правильнее их называть андезитовыми порфиритами. По внешнему облику это существенно лейкократовые, массивные, плотные, мелкопорфировидные с афанитовой основной массой породы преимущественно свежего облика. Цвет пород – серый, пепельно-серый, а для измененных разностей – розовато-серый, буровато-серый и иногда белый (для сильно карбонатизированных разновидностей).

Под микроскопом текстура пород флюидальная, а структура – порфировая, гломеропорфировая; струк-

тура основной массы изменяется от микролитовой до микропризматически зернистой с элементами гипидиоморфнозернистой. Главными породообразующими минералами (табл. 1) являются плагиоклаз (77%), роговая обманка (7%), моноклинный пироксен (5%) и кварц (5%); второстепенными – рудные (1,5%), сфен (знаки – 1%), апатит (знаки); вторичными – карбонат (3%), хлорит и цеолиты (от знаков до 1%). В протолочках проб, кроме того, обнаружены циркон, рутил, анатаз, барит, ильменит, лимонит, флюорит, гранат, лейкоксен, галенит.

Во вкрапленниках встречаются попеременно преобладающие роговая обманка и моноклинный пироксен. В ряде случаев в качестве фенокристаллов наблюдаются плагиоклаз и кварц (единичные зерна). Как свидетельствуют петрографические исследования по скважинам № 2, 6, 21, 24, 26, 27, в верхних частях дайки, как правило, в породе преобладают вкрапленники роговой обманки. На более низких горизонтах (до 100 м) роль моноклинных пироксенов возрастает. Эти минералы здесь нередко преобладают над роговой обманкой. На определенную дифференциацию по вертикали и латерали магматического расплава указывают также существующие вариации в составе главных породообразующих минералов (табл. 1) и химического состава пород (табл. 2).

П л а г и о к л а з (70–85%) слагает основную часть базиса и лишь изредка образует в породе вкрапленники. Микролиты и относительно более крупные призматические и двойникованные кристаллы плагиоклаза слагают основную массу породы. Размер зерен плагиоклаза достигает 0,1 мм. Вместе с кварцем плагиоклаз нередко образу-

Таблиця 1. Средние содержания главных породообразующих минералов в андезитовых порфири-тах Новоигнатьевской дайки (в %)

№ скв.	Кол-во изучен-ных шлифов	Плагиоклаз	Роговая обманка	Пироксен	Кварц	Рудный минерал	Карбонат
2	6	78	5	5	6,5	2,5	2
24	12	76	7	5	5,5	2,5	2,5
27	11	76	7	6	5	2	3,1
6	7	77	7	5	5,3	1,2	3,5
15	4	79	6	6	3	0,8	4
26	4	77	6,5	6	4	1	4
21	4	78	8	5,5	4	2	4
Среднее		77,3	7,1	5,5	4,6	1,5	3,3

Таблиця 2. Средний (по 3 ан.) химический состав андезитовых порфиритов с различных глубин Новоигнатьевской дайки

Окисел	Скв. 24 Пл. 14–15 м	Скв. 24 Пл. 35–36 м	Скв. 24 Пл. 56–57 м	Скв. 24 Пл. 77–78 м	Скв. 24 Пл. 91,8– 98,8 м	Скв. 20 Пл. 0,2– 2,1 м	Скв. 20 Пл. 2,1– 3,1 м
SiO ₂	59,97	60,27	59,87	58,92	62,05	63,11	62,69
TiO ₂	0,84	0,75	0,61	0,60	0,57	0,53	0,65
Al ₂ O ₃	14,08	13,85	13,75	13,88	13,84	13,33	13,64
Fe ₂ O ₃	4,26	4,14	4,87	4,09	3,73	3,41	4,24
FeO	1,29	1,78	1,39	1,94	1,29	1,97	1,29
MgO	3,37	3,79	4,14	3,36	4,00	3,61	3,83
CaO	7,12	8,17	7,37	9,24	7,49	6,37	5,78
Na ₂ O	3,86	3,85	3,81	3,86	3,94	3,41	3,68
K ₂ O	1,66	1,33	1,13	0,79	0,80	0,91	1,19
SO ₃	0,07	0,07	0,11	0,14	0,12	0,06	0,06
П. п. п.	4,28	3,25	3,82	4,57	3,27	4,37	3,75
Сумма	100,80	99,25	99,97	99,39	101,12	101,08	100,90

ет гранофировую структуру породы. Представлен плагиоклаз преимущественно андезином (№ 30–42). Иногда плагиоклаз пелитизирован и серицитизирован.

Роговая обманка (0–15 %) присутствует в виде идиоморфных призматических кристаллов бурого цвета. Встречается в породе только в виде вкрапленников. Среди вкрапленников встречаются также неправильные формы зерен обыкновенной роговой обманки размером от 0,2 до 3 мм. Они обладают явным плеохроизмом: по Ng – буровато-зеленым, по Nr – желтовато-зеленым, по Nm – зеленым или желтовато-зеленым. Роговая обманка замещается карбонатом и частично хлоритом.

Моноклиный пироксен (0–13 %) образует бесцветные или слегка зеленоватые идиоморфные призматические или неправильные кристаллы размером 0,5–1,0 мм. Встречается

только во вкрапленниках. Представлен авгитом. Присутствуют двойники и гломеропорфировые скопления авгита. Некоторые кристаллы сильно корродированы. При разрушении авгит замещается карбонатом и хлоритом.

Кварц (0–10 %) образует зерна неправильной формы размером до 0,1 мм. Размещается между беспорядочно расположенными зернами плагиоклаза. Встречаются бипирамидальные формы зерен кварца с вросками табличек калишпата. Имеет резкое погасание и другие, обычные для кварца, оптические свойства.

Рудные минералы (0,5–5 %) в виде точечной вкрапленности равномерно рассеяны в основной массе породы. Представлены преимущественно магнетитом, иногда ильменитом и пиритом. Размер зерен магнетита от 0,01 до 0,1 мм.

Сфен (знаки – 1 %) присутствует в породе в виде

кучных скоплений точечных зерен величиной до 0,2 мм. Кристаллы его имеют клиновидную, конвертообразную и линзовидную форму, нередко двойники. Цвет сфена медно-желтый и темно-коричневый, плеохроирует в желтых и коричневых тонах.

Карбонат (0,5–8 %) представлен кальцитом. Развивается преимущественно в виде псевдоморфоз по темноцветным минералам, реже по плагиоклазам. Выполняет он также пустоты и трещины в породе. Судя по петрографическому описанию разрезов скважин, наибольшее (до 6–8 %) содержание кальция отмечается в участках, где андезитовые порфириты расчленены многочисленными разрывными нарушениями и трещинами. Такие участки, например, вскрыты скважинами № 6, 15, 21 и 27 на глубинах соответственно 30, 8, 7,5 и 80 м.

Химический состав андезитовых порфиритов из дайки

характеризуется анализами, представленными в табл. 2. Как следует из сопоставления среднего химического состава Новоигнатьевской дайки с составом андезитов по Р. Дели [6] и некоторых других пород андезит-трахиандезитового комплекса, между ними наблюдаются общие петрохимические особенности, которые наиболее отчетливо выражены в петрохимических характеристиках и диаграмме по А. Н. Заварицкому [7]. Описываемые андезитовые порфириты, как и андезитобазальты, андезиты, андезит-дациты юга Донбасса, относятся к щелочноземельному типу с преобладанием натрия над калием. Для пород комплекса характерны значительные колебания по содержанию Na₂O и K₂O и узкий диапазон дифференциации по SiO₂.

Андезитовые порфириты Новоигнатьевской дайки близки к среднему составу андезитов по Р. Дели [6], отличаясь от последних несколько повышенным содержанием SiO₂, MgO и CaO и пониженным Al₂O₃, K₂O и FeO. Особенно близки описываемые породы к андезитам, обнажающимся у с. Староигнатьевка.

Согласно классификации А. Н. Заварицкого [7], эти породы относятся к нормальному ряду, к классу пересыщенных кремнекислотой пород (Q = +16,5 и +18,2), к группе бедных, реже умеренно богатых щелочами разновидностей.

Концентрации элементов-примесей в андезитовых порфиритах Новоигнатьевской дайки близка к таковой в породах докембрийских гранитоидов Приазовского мегаблока УЩ и андезит-трахиандезитового комплекса Донбасса. Главные типы пород дайки и андезит-трахиандезитового комплекса не обнаруживают значительных колебаний в содержании микроэлементов.

тов. Относительно кларков этих элементов в земной коре они обеднены Ni, Cu, Cr, Rb, Cl и обогащены Mo, Nb, Cs, Zn, Co, Zr, F. Породы дайки несколько обеднены Nb, Zn, Co, Pb. Кроме приведенных выше концентраций микроэлементов, в породах Новоигнатьевской дайки выявлены следующие элементы-примеси (г/т): Ва – 400, W – 50, Li – 30, La – 30, Be – 4, Yb – 1, Ag – 1.

Петрофизика. Среди описываемых пород Новоигнатьевской дайки встречаются как магнитные, так и слабомагнитные разности. Эти породы могут создавать повышенные магнитные аномалии интенсивностью лишь 300–500 нТл. Среди вмещающих их девонских осадочно-вулканогенных пород (обладающих в сравнении с андезитами повышенной магнитностью) они нередко поэтому не фиксируются.

Минимальная средняя плотность пород дайки равна 2,4 г/см³, а максимальная – 2,9 г/см³. Средняя плотность для всего массива пород Новоигнатьевской дайки андезитовых порфиритов колеблется в пределах 2,60–2,65 г/см³.

Возраст. Время внедрения Новоигнатьевской дайки, как и пород андезит-трахиандезитового комплекса, определяется довольно точно исходя из совокупности геолого-структурных и изотопных данных. Дайки, штоки, лакколиты и другие тела прорывают древние породы докембрия, а также девона и карбона. На левобережье р. Дон они секут отложения верхнего карбона, а их многочисленные обломки встречены в песчаниках верхнего триаса. В зоне сочленения Донбасса с Приазовьем дайки и штоки пород андезит-трахиандезитового комплекса фрагментарно перекрываются породами мела, палеогена, неогена или четвертичными отложениями. В северных прибортовых

частях Приазовского мегаблока УЩ они перекрыты лишь маломощными осадками антропогена. Имеющиеся определения изотопного возраста пород комплекса укладываются в интервал времени 200–230 млн лет. На основании этих данных образование пород комплекса связывают с пфальской фазой герцинского орогенеза, проявившейся в Донбассе на границе перми и триаса [2–4, 12].

Выводы

Приведенные материалы убедительно свидетельствуют о том, что в результате тектономагматической активизации систем глубинных разломов диагональной и ортогональной ориентировки в пределах Южно-Донецкого микроавлакогена в предтриасовое время возник глубинный раскол земной коры северо-западной (северо-запад 290°) ориентировки, который в кратчайшее время был “залечен” магмой среднего состава. Структурно-геологические и петрологические данные позволяют считать, что магма, сформировавшая Новоигнатьевскую дайку андезитовых порфиритов, возникла на глубине не менее 100–140 км. В работе [5] экспериментально доказано возможность образования андезитовой магмы именно на этих глубинах. На глубинность разломов указывает также широкое развитие здесь ассоциаций интрузивных пород щелочно-ультраосновной, щелочно-базальтоидной и других формаций [3, 9]. Благоприятные тектонические условия (растяжение земной коры, латеральные и вертикальные движения геоблоков) способствовали быстрому внедрению андезитовой магмы сквозь толщу докембрийских пород фундамента и осадочно-вулканогенных пород палеозоя.

По мнению авторов работы [12], магма, давшая начало породам андезит-трахиандезитового комплекса, возникла

в результате смешивания базальтовой магмы с коровым веществом литосферы, т.е. был включен механизм зонной плавки. Этот механизм и благоприятные тектонические условия привели к быстрому подъему расплава в верхние структурные этажи литосферы и формированию в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем и северных прибортовых частях Приазовского мегаблока УЩ многочисленных даек, штоков, лакколитов.

Следовательно, сравнительно крупную Новоигнатьевскую дайку андезитовых порфиритов, несомненно, следует рассматривать как индикатор разломно-блоковой тектоники и глубинного строения зоны сочленения Донбасса с Приазовьем. Согласно результатам разведочных работ Укргеолстрома блочный массив пород андезитовых порфиритов крупной Новоигнатьевской дайки представляет собой месторождение доброкачественных строительных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарчук В. Г. Тектоника Большого Донбасса и происхождение ровообразных прогибов в платформе//Геол. журнал. – 1966. – № 2. – С. 3–11.
2. Бутурлинов Н. В., Соколова Г. У. Возраст андезитов Донецкого бассейна//ДАН СССР. – 1964. – Т. 159. – № 1. – С. 95–97.
3. Бутурлинов Н. В., Скаржинский В. И. О комплексах магматических пород и магматических формациях Донецкого бассейна//ДАН СССР. – 1970. – Т. 193. – № 2. – С. 401–404.
4. Бутурлинов Н. В., Зарицкий А. И., Глебова М. С. Андезит-трахиандезитовый комплекс Донбасса и особенности его формирования//Геол. журнал. – 1972. – № 6. – С. 89–94.
5. Грин Д. Х., Рингвуд А. Э. Происхождение базальтовых магм//Петрология верхней мантии. М.: Мир, 1968. – С. 132–229.
6. Дели Р. Э. Изверженные породы и глубины земли. – Л.: ОНТИ, 1936. – 591 с.
7. Заварицкий А. Н. Введение в петрохимию изверженных пород. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 400 с.

8. Лебедев Т. С., Собакарь Г. Т. Тектоника Северо-Восточного Приазовья по данным геофизических исследований//Докл. АН УССР. – 1961. – № 10. – С. 564–567.

9. Майданович И. А. О глубинной тектонике Донбасса//Доп. АН УРСР. – 1968. – № 6. – С. 506–509.

10. Майданович И. А., Дубровный Б. И. Глубинные разломы и современные вертикальные движения земной коры в Западном Донбассе//Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1970. – № 4. – С. 73–76.

11. Михалев А. К. К вопросу о природе поперечных сбросов в срединных районах Донецкого бассейна//Геотектоника. – 1971. – № 2. – С. 79–83.

12. Скопиченко И. М., Бутурлинов Н. В. Андезит-трахиандезитовый комплекс зоны сочленения Донбасса с Приазовьем. Петрология и эволюция//Геол. журнал. – 1987. – № 1. – С. 97–105.

13. Собакарь Г. Т. Структура зоны сочленения Донбасса с Приазовским массивом//Геол. журнал. – 1961. – № 3. – С. 60–65.

14. Чебаненко И. И. О ровообразных прогибах платформ//Докл. АН УССР. – 1961. – № 4. – С. 520–522.

15. Чекунов А. В. К геодинамике Днепровско-Донецкой рифт-синеклизы//Геофиз. журнал. – 1994. – № 3. – С. 3–9.

16. Шарков Е. В. Петрология магматических процессов. – М.: Недра, 1983. – 200 с.

17. Шаталов Н. Н. Дайки Приазовья. – Киев: Наукова думка, 1986. – 192 с.

18. Шатский Н. С. Большой Донбасс и система Вичита. Ст. 2//Изв. АН СССР. Сер. геол., 1946. – № 6. – С. 57–90.

19. Шатский Н. С. Избранные труды. – М.: Наука, 1964. – Т. 2. – 720 с.

REFERENCES

1. Bondarchuk V. H. Tectonics of the Great Donbas and genesis of the trench – like depressions in the platform//Geol. zhurnal. – 1966. – Vol. 26. – № 2. – P. 3–11. (In Russian).
2. Buturlinov N. V., Sokolova H. U. The age of andesites from the Donets Basin//Dokl. AN SSSR. – 1964. – Vol. 159. – № 1. – P. 95–97. (In Russian).
3. Buturlinov N. V., Skarzhynsky V. I. On the magmatic rock complexes and magmatic formations of the Donets Basin//Dokl. AN SSSR. – 1970. – Vol. 193. – № 2. – P. 401–404. (In Russian).
4. Buturlinov N. V., Zaritsky A. I., Hlebova M. S. Andesite-trachy-

andesite complex of the Donbas and the features of its formation// *Geol. zhurnal.* – 1972. – Vol. 32. – № 6. – P. 89–94. (In Russian).

5. Green D. H., Ringwood A. E. Genesis of basalt magma// *Petrology of Upper Mantle.* – Moscow: Mir, 1968. – P. 132–229. (In Russian).

6. Dely R. E. Igneous rocks and deeps of the Earth. – Leningrad: ONTI, 1936. – 591 p. (In Russian).

7. Zavaritsky A. N. Introduction into petrochemistry of igneous rocks. – Moscow-Leningrad: USSR's Academy Sciences Press, 1950. – 400 p. (In Russian).

8. Lebedev T. S., Sobokar H. T. Tectonics of the North-eastern Near-Azovian area using geophysical data// *Dokl. AN USSR.* – 1961. – № 10. – P. 564–567. (In Russian).

9. Maidanovych I. A. On deep tectonics of the Donbas// *Dokl. AN USSR.* – 1968. – № 6. – P. 506–509. (In Russian).

10. Maidanovych I. A., Dubrovny B. I. The deep faults and recent vertical motions of the earth crust in the Western Donbas// *Dokl. AN USSR. Series B.* – 1970. – № 4. – P. 73–76. (In Russian).

11. Mikhalev A. K. Revisiting the nature of transverse faults in the middle regions of the Donets Basin// *Geotectonic.* – 1971. – № 2. – P. 79–83. (In Russian).

12. Skopichenko I. M., Buturlinov N. V. Andesite-trachyandesite complex of the conjunction zone between the Donbas and the Near – Azovian area: Petrology and Evolution// *Geol. zhurnal.* – 1987. – Vol. 47. – № 1. – P. 97–105. (In Russian).

13. Sobokar H. T. The structure of the conjunction zone of the Donbas with the Near-Azovian massif// *Geol. zhurnal.* – 1961. – Vol. 21. – № 3. – P. 60–65. (In Russian).

14. Chebanenko I. I. On the trench – like depressions of the platforms// *Dokl. AN USSR.* – 1961. – № 4. – P. 520–522. (In Russian).

15. Chekunov A. V. Towards geodynamics of the Dnieper-Donets rift-syncline// *Geofiz. zhurnal.* – 1994. – № 3. – P. 3–9. (In Russian).

16. Sharkov Ye. V. Petrology of magmatic processes. – Moscow: Nedra, 1983. – 200 p. (In Russian).

17. Shatalov N. N. The Near-Azovian dykes. – Kiev: Nauk. dumka, 1986. – 192 p. (In Russian).

18. Shatsky N. S. The Great Donbas and Wichita system. Item 2// *Izvestia AN SSSR. Geological series.* – 1946. – № 6. – P. 57–90. (In Russian).

19. Shatsky N. S. Selected papers. – Moscow: Nauka, 1964. – Vol. 2. – 720 p. (In Russian).

УДК 550.83+ 553.81+553.495

А. А. КАЛАШНИК, д-р геол. наук, профессор КЛАНУА

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УРАНА НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Статья посвящена описанию результатов проведенных исследований новых закономерностей размещения промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита (УЩ) в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы. Представлен комплекс принципиально новых региональных прогностико-поисковых критериев крупного уранового оруденения и разработанный на базе концепции первичного астеносферного концентрирования рудогенных компонентов новый подход в технологии прогнозирования промышленных эндогенных месторождений урана для докембрийских щитов. Показаны результаты прогнозирования перспективных площадей на поиски новых промышленных эндогенных месторождений урана на УЩ.

Article reviews results of studies of new regularities the distribution of industrial endogenous uranium deposits of the Ukrainian shield (UkrSh) were considered in close connection with the features of the deep structure of the lithosphere. The principally new complex of regional prognoses-search criteria of industrial uranium ore objects is presented. New approach to technology prognostication of endogenous major uranium deposits of the Pre-Cambrian shields based on the concept of the primary asthenosphere concentration ore-genetic components expounded. Results of prognoses perspective territories for prospecting new industrial endogenous uranium deposits are considered.

Минерально-сырьевая база урана Украины и основные направления ее развития

Национальная, энергетическая и экономическая безопасность Украины зависит от наращивания промышленных запасов и использования стратегически важных полезных ископаемых, к которым относится и уран, использование которого для потребностей отечественной атомной энергетики создает действенную альтернативу углеводородному сырью.

В настоящее время в Украине отрабатывается ряд месторождений урана, принадлежащих согласно классификации МАГАТЭ к метасоматическому геолого-промышленному типу. Наиболее важные особенности сырьевой базы урана Украины, которые влияют на их промышленную ценность таковы [14]: 1) почти 97 % от общего количества

балансовых запасов нашего государства составляют месторождения урана метасоматического типа, из них в натриевых метасоматитах 95 %, калий-урановой формации – 2 %, балансовые запасы месторождений песчаникового типа составляют 3 %; 2) месторождения метасоматического типа характеризуются низким содержанием урана в руде (руды бедные и рядовые), однако с преимущественно крупными запасами; 3) руды относятся главным образом к легко- и средневскрываемым алюмосиликатным рудам, в значительно меньшей мере – к трудновскрываемым; 4) крупные размеры рудных залежей; 5) значительный вертикальный размах оруденения; 6) благоприятные горно-геологические условия для отработки месторождений подземным горным способом; 7) отсутствие четких геологических границ оруденения, определяю-

щих параметры постоянных кондиций.

Все это в совокупности определяет рентабельную добычу урановых руд на месторождениях метасоматического типа, однако с высокой себестоимостью производства и, как следствие, с высокой чувствительностью сырьевой базы урана к изменению экономических условий.

Месторождения песчаникового типа, пригодные к отработке методом подземного выщелачивания, относятся к высокорентабельным, однако часть из них уже отработана.

За годы независимости Украины в отечественной урановой геологии были завершены разведочные работы на двух крупных месторождениях – Новокопачевском и Докучаевском, запасы которых утверждены в Государственном комитете по запасам (ГКЗ) и переданы для промышленного

освоения. Подсчет запасов на большей части ранее открытых месторождений урана Украины осуществлялся в 80-е годы, был рассчитан на плановую экономику и по кондиционным требованиям, существовавшим в советское время. Они с тех пор были существенно ужесточены. Проведенная экспресс-оценка ГКЗ совместно с ВостГОК показала, что для большей части этих месторождений при пересчете на современные кондиции балансовые запасы существенно снижаются, для части месторождений такой пересчет становится фатальным [14].

ВостГОК на сегодняшний день эксплуатирует четыре месторождения урановых руд в альбититах, расположенных в Кировоградской области, два из которых эксплуатируются более 35 лет, одно – более 15 лет. Реальное обеспечение растущих потребностей Украины в урановом сырье, кроме введенного в эксплуатацию Новоконстантиновского месторождения урана, возможно за счет доизучения флангов эксплуатируемых месторождений с глубоких горизонтов, вовлечения в детальную разведку ряда месторождений, прошедших стадию предварительной разведки, оценки перспективных рудопроявлений и открытия новых крупных месторождений с рентабельными для добычи запасами.

Прогноз и поиски крупных промышленных месторождений редких и радиоактивных металлов, включая уран, отличаются рядом специфических особенностей, связанных в первую очередь с минералого-геохимическими свойствами этих элементов, определяемыми их принадлежностью к литофильным элементам с большим ионным радиусом, переменной валентностью урана и его высокой миграционной способностью при

определенных РТ-условиях. Все это обуславливает формирование широкой гаммы природных типов редкометалльных и урановых месторождений, специфические условия их проявления и сложность их обнаружения. Достаточно отметить, что в течение 2004–2008 гг. в мире на геологоразведочные работы на уран было израсходовано 3,2 млрд долларов США. В 2008 году около 900 компаний вели геологоразведочные работы на 3000 перспективных объектах. Несмотря на это, не было открыто ни одного богатого или крупного месторождения урана.

Выявление новых закономерностей размещения и особенностей формирования промышленных, в первую очередь крупных по запасам промышленных месторождений рудных полезных ископаемых в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы, обуславливающих РТ-условия инициального масштабного концентрирования рудогенных компонентов в мантии с последующим формированием промышленных рудных концентраций в верхних частях земной коры из мантийных рудогенных компонентов и их использование при прогнозе и поисках представляет собой новое чрезвычайно перспективное и динамично развивающееся направление развития геологической науки.

Роль мантийных процессов в эндогенном урановом рудообразовании УЩ и глубинные факторы формирования крупных эндогенных месторождений урана

Исходя из мантийно-флюидной модели рудообразования [1, 12, 11], процесс формирования крупных месторождений и рудных районов на начальной стадии рудогенеза контролируется законами поведения химических элементов в астеносфере. Рудные компоненты

распределяются в астеносфере зонально, масштабно накапливаясь на разном расстоянии от областей экстремального давления и температуры [12] в зависимости от геохимических особенностей. Это один из важнейших факторов, приводящих к формированию крупных рудных месторождений различной металлогенической специализации. Однако он не единственный.

Нами был проведен целенаправленный анализ огромного объема геофизической, геологической, радиогеохимической информации по особенностям формирования, размещения и условиям локализации месторождений урана основных геолого-промышленных типов на территории Украинского щита в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы и астеносферы, разломной тектоникой, проявлениями мантийного магматизма, радиогеохимической специализации пород верхней части земной коры УЩ, первоначальных концентраций урана в породах, миграции урана и рудообразования в ходе формирования УЩ, соотношения геохимической специализации урановорудных метасоматитов и вмещающих их пород с использованием современных петрологических, изотопно-геохимических данных.

Рассматривая мантию как основной источник рудогенных компонентов, на основе выполненного анализа нами выявлен ряд глубинных факторов формирования крупных месторождений урана УЩ [10]:

– Высокая степень зрелости литосферы мощностью более 160–180 км является главным фактором возможности создания петрологических условий для масштабной мантийной генерации ураноносных флюидов.

– Верхнекоровыми индикаторами зрелости литосферы

вследствие масштабного энергомассопереноса из флюидизированной мантии являются:

1) гранитогнейсовый слой высокой или повышенной мощности;

2) аномально выраженная радиогеохимическая калиевая специализация метаморфического субстрата верхней части земной коры.

– Наличие разломов транслитосферного проникновения, способных достигать гипсометрического уровня астеносферных областей масштабной генерации мантийных ураноносных флюидов является определяющим структурным фактором для реализации процесса формирования промышленных месторождений урана УЩ из мантийных рудогенных компонентов на верхних структурных этажах земной коры в аномальных сегментах литосферы высокой степени зрелости.

– Другие факторы – стратиграфический, метаморфический, и такой ранее отмечавшийся геохимический фактор как содержание урана во вмещающих породах не играют значительной роли для формирования промышленного уранового оруденения.

Имея наложенный эпигенетический характер по отношению к структурно-формационным комплексам земной коры, эндогенные крупные по запасам месторождения урана на УЩ проявляют выраженную связь с особенностями строения глубинных оболочек Земли.

Новый комплекс прогноз-оценочных критериев формирования крупных эндогенных месторождений урана

Разработка региональных прогнозно-оценочных критериев формирования месторождений возможна лишь на основе используемой генетической концепции.

Исходя из мантийной природы ураноносных флюидов, вследствие возможности их эффективной сепарации и возможности миграции в мантии при определенных термобарогradientных условиях, ряда установленных нами благоприятных глубинных факторов формирования и локализации эндогенных промышленных месторождений урана на УЩ [7, 8, 10], действенными региональными прогнозными критериями для выделения потенциальных

урановорудных областей и районов с вероятным крупномасштабным эндогенным урановым рудообразованием являются (рис. 1, 2):

1) мощность литосферы, которая, исходя из экспериментальных и петрологических данных по глубине возможного масштабного инициального концентрирования урана, должна быть не менее 160–180 км;

2) наличие гранитогнейсового слоя высокой (более 15 км) или повышенной (10–15 км) мощности;

3) anomalно выраженная радиогеохимическая калиевая специализация метаморфического субстрата верхней части земной коры;

4) наличие глубинных пронизаемых разломных структур, которые способны достигать гипсометрического уровня астеносферных областей масштабной генерации ураноносных флюидов. Они характеризуются высокоамплитудными (от 4–5 до 15 км) смещениями вдоль них границы Мохо, наличием резко выраженных

gradientных зон углов наклона поверхности Мохо (до 27,8–54,3°);

5) наличие участков anomalно низкой эффективной плотности вещества мантии по результатам расчета гравитационного потенциала;

6) проявление в пределах глубинных разломов ультраосновного щелочного магматизма, прежде всего кимберлитов с высоким (до 18–20 г/т) содержанием в них урана, которые, по сути, являются петролого-геохимическими индикаторами пронизаемых

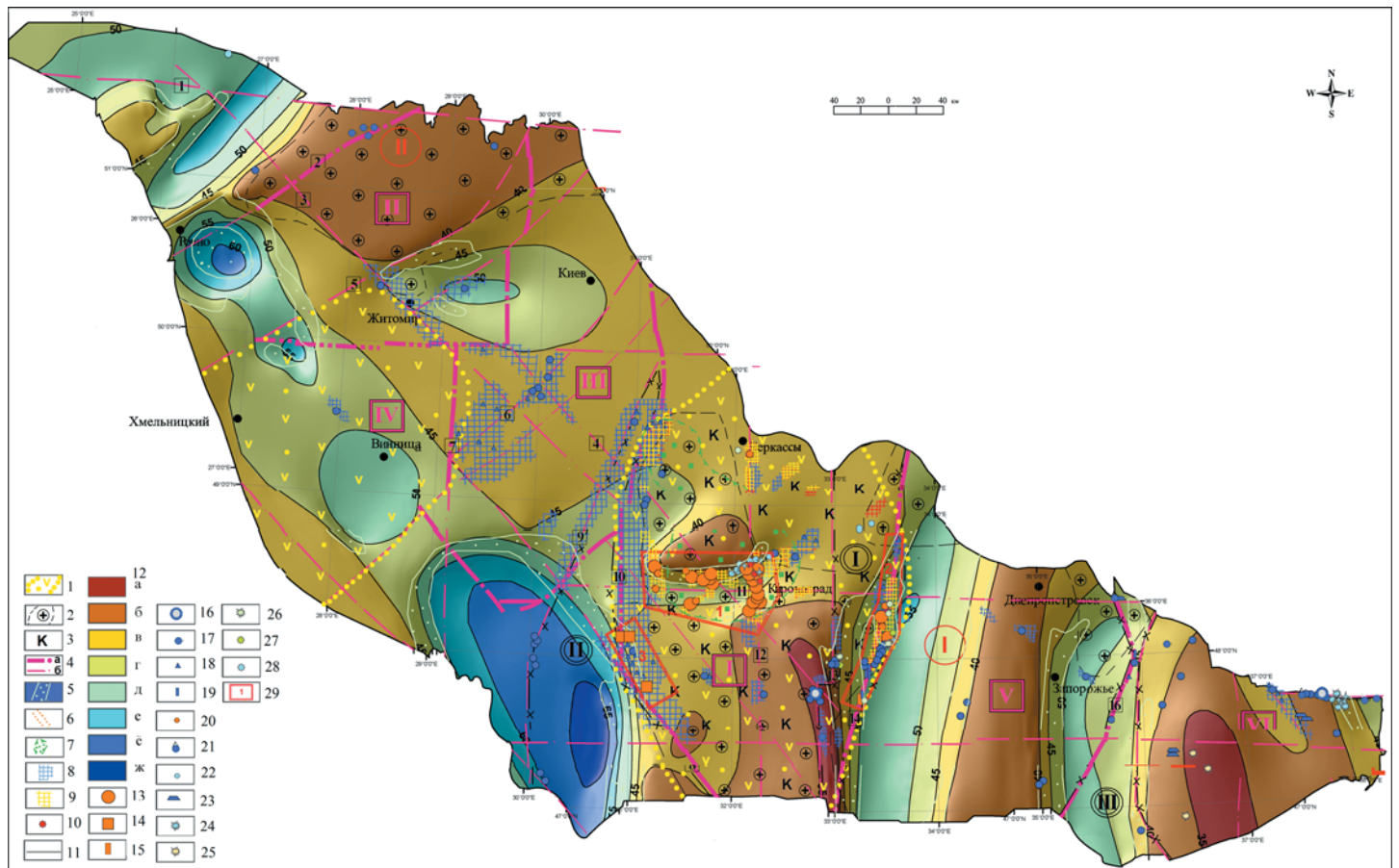


Рис. 1. Схема прогноза промышленных эндогенных месторождений урана в породах фундамента УЩ, совмещенная со схемой рельефа поверхности Мохо Украинского щита (схема рельефа поверхности М – обработка результатов интерпретации материалов ГСЗ по УЩ (В. Б. Соллогуб, А. В. Чекунов и др.) по технологии геопространственной визуализации (Ю. И. Федоришин [17]))

1–11 – глубинные критерии промышленного эндогенного уранового оруденения: 1 – anomalные литосферные сегменты с мощностью литосферы >160 км (по данным ГСЗ, скорректированным по результатам петрологических исследований мантийных ксенолитов глубинных пород); 2 – области развития гранитогнейсового слоя повышенной (10–15 км) и высокой (>15 км) мощности; 3 – области с anomalной калиевой радиогеохимической специализацией метаморфического субстрата верхней части земной коры; 4 – осевые линии разломов мантийного проникновения: а – межмегаблоковые, б – иные; 5 – gradientные зоны поверхности Мохо (с углом наклона (27,8–54,3°)); 6 – участки разломных структур с высокоамплитудными (от 4–5 до 15 км) смещениями поверхности Мохо и региональными зонами смены мощности земной коры вдоль них; 7 – зоны anomalно низкой плотности вещества верхней мантии по результатам расчета гравитационного потенциала; 8–9 – ореолы радиогеохимических anomalий, связанных с привнесом урана в эпохи: 8 – 2 000–1 900 млн лет в связи с развитием высокотемпературного кремний-калиевого метасоматоза, 9 – 1 850–1 700 млн лет в связи с развитием среднетемпературного карбонатно-натриевого метасоматоза (по результатам свинцово-изотопных исследований КП “Кировгеология”); 10 – кимберлитопроявления дайковой фации, значительно обогащенные ураном; 11 – изолинии поверхности М, км: а – 33–35; б – 36–40; в – 41–45; г – 46–50; д – 51–55; е – 56–60; ё – 61–65; ж – 66–70; месторождения урана: 13 – в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах, 14 – калий-урановой формации; 15–23 – рудопроявления урана эндогенного класса различных генетических групп; 24 – кимберлитовые трубки, 25 – лампроитовые трубки, 26 – трубки кимберлитоподобных пород, 27 – проявления кимберлитоподобных пород дайковой фации; 28 – лампроитопроявления дайковой фации; 29 – урановорудные районы: 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысовский

зон, дренировавших аномальные участки мантии с характерной дифференциацией и сепарацией урана;

7) все урановорудные районы Украинского щита контролируются узлами пересечения глубинных разломных структур субмеридионального и диагонального простирания с дизъюнктивами рудоконцентрирующих разломных структур широтного простирания, в первую очередь Субботско-Мошоринской и Девладовской в аномальном сегменте литосферы высокой степени зрелости центральной части УЩ;

8) в пределах аномальных участков литосферы для уранового оруденения на УЩ

перспективными являются площади радиогеохимических аномалий, связанных с привносом урана в эпоху 2000–1900 млн лет в связи с развитием высокотемпературного кремний-калиевого метасоматоза и эпоху 1800–1750 млн лет в связи с развитием среднетемпературного карбонатно-натриевого метасоматоза.

Таким образом, важнейшим региональным поисково-оценочным критерием перспектив тех или иных рудных провинций на обнаружение крупных месторождений урана эндогенного класса выступают аномальные литосферные сегменты высокой степени зрелости,

способные привести к созданию петрологических условий масштабной мантийной сепарации урана и натрия и переносу их в составе флюидов к верхним горизонтам земной коры по разломам транслитосферного проникновения (рис. 1, 2).

Основным геолого-промышленным типом эндогенного уранового оруденения УЩ был и остается в обозримом будущем – альбитовый тип в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах. Урановое оруденение в высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитах в связи со сложившейся конъюнктурой на мировом рынке урана

остается в активном резерве минерально-сырьевой базы урана Украины. Остановимся детальнее на уточненном нами комплексе локальных критериев и признаков локализации месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах.

Локальные поисковые критерии и признаки масштабного уранового оруденения гидротермально-метасоматического типа в карбонатно-натриевых метасоматитах

По результатам исследований специалистами КП “Кировгеология” ранее был выделен комплекс локальных критериев и признаков промышленного уранового

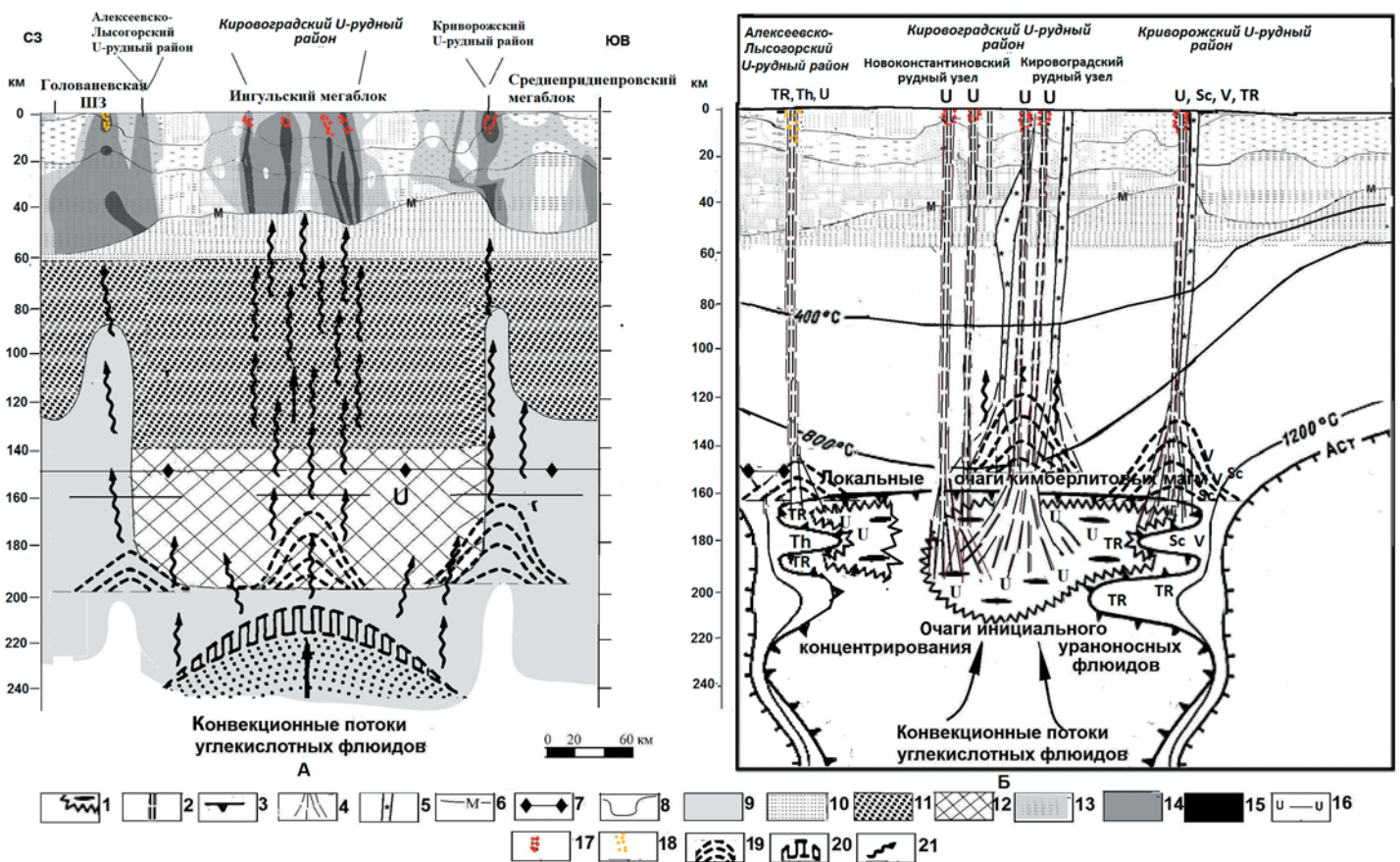


Рис. 2. Общая схема развития эндогенного уранового рудообразования наиболее уранорудопродуктивных эпох на УЩ 2 000–1 950 и 1 800–1 750 млн лет (с использованием материалов Ю. И. Федоришина [17] (разрез литосферы в пределах центральной части Украинского щита), В. Б. Соллогуба [15] (А), К. Н. Никишова [13] (Б))

1 – очаги инициального концентрирования ураноносных флюидов, 2 – приразломные потоки щелочных ураноносных флюидов, 3 – граница аномальной верхней мантии; Аст – граница астеносферы, 4 – предполагаемые пути подъема протокимберлитовой магмы; 5 – каналы внедрения кимберлитов дайковой фации, 6 – граница Мохо; 7 – граница стабильности графит-алмаз; 8 – граница литосфера-астеносфера; 9 – астеносфера; 10 – железистые ультрабазиты (железистые дуниты, ильменит-флогопит-гранат-оливиновые породы); 11 – амфиболовые и пироксеновые глиммериты, шпинель-гранатовые, гранатовые лерцолиты; 12 – хромшпинелевые гарцбургит-лерцолитовая и дунит-перидотитовая серии с реликтами деформированных структур, гранатовые лерцолиты с реликтами деформированных структур; зоны дислокаций с различной степенью проницаемости; 13 – низкой, 14 – средней, 15 – высокой, 16 – уровень формирования очаговых потоков ураноносных трансмагматических флюидов, 17 – среднетемпературные карбонатно-натриевые метасоматиты, 18 – высокотемпературные кремний-калиевые метасоматиты, 19 – локальные астеносферные ловушки на границе литосфера-астеносфера, 20 – термобарогradientный фронт глобальной астеносферной ловушки, сформированный вследствие импульсной дегазации ядра и мантии, 21 – астеносферные флюидопотоки

оруденения гидротермально-метасоматического типа в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах, который был нами расширен и видоизменен с учетом того, что основным источником рудного вещества урановорудных районов и эндогенных месторождений урана УЩ является мантия, а разломы транслитосферного проникновения при рудообразовании являются транспортными каналами флюидной фазы и связанных с ней урановорудных компонентов, контролируют интенсивность, направление потоков мантийного вещества [8].

Расширенный и уточненный комплекс локальных поисковых критериев и признаков промышленного, в первую очередь, уранового оруденения гидротермально-метасоматического типа в карбонатно-натриевых метасоматитах имеет следующий вид.

Основные:

1. *Тектонические.* Сложно построенные тектонические узлы пересечения региональных разломов субмеридионального и диагонального простираний с широтными разрывами в пределах зон интенсивной перестройки мантии и земной коры, районов высокоамплитудных перемещений поверхности Мохо в сегментах литосферы высокой степени зрелости, а также наличие тел альбититов и прямых признаков уранового оруденения. Остальные критерии являются вспомогательными. С укрупнением масштабов исследований возрастает значение геохимических и локальных геофизических критериев, связанных с локальным аномальным эффектом рудного объекта на фоне вмещающих пород.

2. *Минералогические.* Прямые признаки уранового оруденения.

3. *Литологические.* Наличие тел альбититов.

Вспомогательные:

1. *Геофизические.* Локальные положительные магнитные аномалии (20–80 нТл).

2. *Геохимические.* Аномальные ореолы элементов-спутников (Be, V, Zr, Pb и др.).

Ореолы аномального содержания натрия и пониженных значений калий-натриевого отношения $K_2O/Na_2O < 0.1$. Ореолы аномального содержания CO_2 .

3. *Радиогеохимические.* Аномальные ореолы привноса и перераспределения урана в эпоху 1800–1750 млн лет, в том числе в связи с развитием среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитов. Радиоактивные аномалии $> 3\delta$ (необходима разбраковка – зачастую связаны с зонами диафтореза).

4. *Петролого-геохимический.* Проявления ультраосновного щелочного и субщелочного магматизма дайковой фации с повышенным и высоким содержанием урана, являющиеся петролого-геохимическими индикаторами пространственно-временной активизации участков мантии, обогащенных ураном – потенциальных источников уранорудообразующих флюидных потоков.

Основными локальными поисковыми критериями и признаками месторождений урана альбититового типа являются наличие тектонических узлов разломов мантийного проникновения в пределах зон значительной перестройки мантии и земной коры в литосферных сегментах высокой степени зрелости, а также наличие тел альбититов и прямых признаков уранового оруденения. Остальные критерии являются вспомогательными. С укрупнением масштабов исследований возрастает значение геохимических и локальных геофизических критериев, связанных с локальным аномальным эффектом рудного объекта на фоне вмещающих пород.

Основой прогнозирования месторождений являются существующие представления о генетических моделях рудообразования и закономерностях размещения

месторождений во времени и пространстве.

На современном этапе наиболее остро стоит проблема поиска крупномасштабного оруденения различной металлогенической специализации, выявления условий формирования крупных рудных провинций, значимых объектов оруденения различных рудноформационных типов. В связи с этим исследование проводилось нами целенаправленно на уточнение и конкретизацию региональных прогнозно-оценочных критериев и поисковых локальных критериев и признаков выделения разноранговых объектов, перспективных на выявление промышленных, в первую очередь крупных по запасам месторождений урана.

Их последовательное поэтапное использование с соблюдением принципов системности, последовательных приближений и соответствия объектов масштабам исследований является *основой принципиально новой технологии прогнозирования крупных промышленных месторождений урана на УЩ*, детально описанной нами в работе [9].

Промышленное эндогенное урановое оруденение Кировоградского и Криворожского рудных районов УЩ в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах контролируется субмеридиональными разломными структурами – Кировоградской, Ново-константиновской, Звенигородско-Анновской, Криворожско-Кременчугской и Адабашской (аз. СВ 55°), в узлах пересечения с Субботско-Мошоринской и Девладовской широтными разломными зонами (рис. 3). В целом месторождения урана контролируются участками осложнения, сочленения, пересечения, перегибов осевых поверхностей субмери-

диональных и диагональных разломных зон субширотными разрывными структурами, обуславливающими особенности локализации оруденения.

В слагающих структурные ловушки нарушениях выклинивание метасоматитов и оруденения по восстанию определяется постепенным ослаблением энергии формирующих их эндогенных процессов снизу вверх при сохранении проводящих зон катаклаза. По своему строению структурные ловушки слабо эродированных месторождений (Северинского, Подгайцевского, Ватутинского, Северно-Конноплянского, Южно-Конноплянского, Новоконстантиновского, Первомайского) не отличаются от таковых, вмещающих значительно эродированные объекты (Мичуринское, Западно-Конноплянское месторождения) и в локализации рудоносных метасоматитов месторождений урана разрывы субширотного простирания, являющиеся составными частями Субботско-Мошоринской и Девладовской зон разломов, играли важнейшую роль независимо от степени эродированности месторождений. Это свидетельствует о том, что структурные ловушки Кировоградского и Криворожского рудных районов в целом являются сквозными. А узлы пересечения широтных, диагональных и субмеридиональных разломов обеспечивали максимальную проницаемость и были путями движения мантийных ураноносных флюидов, выступали агентами связи верхней части земной коры с астеносферными источниками рудогенных компонентов.

На Новоконстантиновском месторождении данные бурения в интервалах глубин 1600–2300 м от поверхности позволили подтвердить участие огромных альбититовых тела, достигающие по верти-

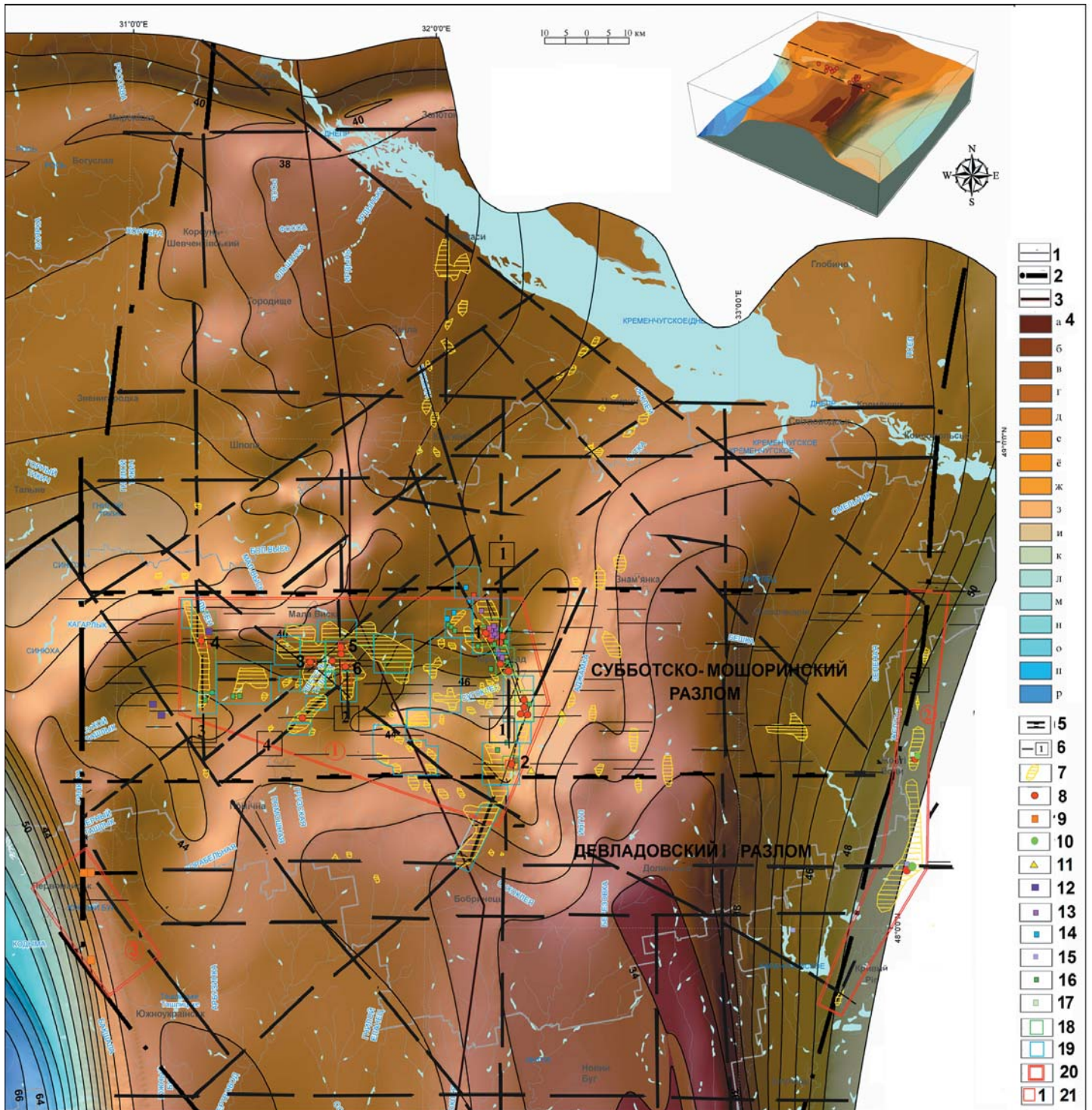


Рис. 3. Структурная схема размещения объектов промышленного эндогенного уранового оруденения Кировоградской урановорудной металлогенической области, совмещенная со схемой глубины залегания поверхности М (схема поверхности М по Ю. И. Федоршину [24]):

1 – линейменты Субботско-Мошоринского разлома по данным гравитационного и магнитного полей, 2 – межмегаблоковые разломы, 3 – осевые линии разломов, 4 – шкала глубин залегания поверхности М, км: а – $\geq(-34)$; б – (-35) – (-36) ; в – (-37) – (-38) ; г – (-39) – (-40) ; д – (-41) – (-42) ; е – (-43) – (-44) ; е' – (-45) – (-46) ; ж – (-47) – (-48) ; з – (-49) – (-50) ; и – (-51) – (-52) ; к – (-53) – (-54) ; л – (-55) – (-56) ; м – (-57) – (-58) ; н – (-59) – (-60) ; о – (-61) – (-62) ; п – (-63) – (-64) ; р – (-65) – (-66) ; 5 – положение границы Субботско-Мошоринской разломной зоны, 6 – осевые линии разломных зон, в том числе контролирующие промышленное урановое оруденение (цифры в квадратиках): 1 – Кировоградская, 2 – Новокопчанская, 3 – Звенигородско-Анновская, 4 – Адабашская, 5 – Криворожско-Кременчугская; 7 – региональные зоны развития натриевых метасоматитов; 8–11 – месторождения: 8 – урана в карбонатно-натриевых метасоматитах, 9 – урана калий-урановой формации, 10 – скандий-ванадий-редкоземельных руд, 11 – золота, 12 – лития, 13 – кимберлитопрооявления дайковой фации, 14 – автолитовые брекчии кимберлитов, 15 – дайки кимберлитоподобных пород, 16 – дайки пикритов, 17 – проявления лампроитов; 18–19 – границы участков с масштабом специализированной изученности: 18 – 1:10 000, 19 – 1:25 000; 20 – контуры урановорудных районов (в кружках): 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский; 21 – перспективные участки для наращивания промышленного потенциала урана Украины: геолого-экономический анализ с переувязкой рудных зон пересчетом запасов по новым условиям: 1 – Щорсовский, 2 – Юрьевский, поисково-оценочные и разведочные работы на флангах месторождений: 3 – Ватутинского, 4 – Докучаевского, 5 – Новокопчанского

кали в среднем уровне этого месторождения по мощности несколько сот метров, на глубине испытывают резкое выклинивание и вниз по разрезу сменяются узкими 5–20 м линейными зонами слабоизменённых пород (слабодесилицированных, изредка десилицированных), приуроченных к системам разломов, отражающим положение флюидоподводящих каналов, что свидетельствует о том, что огромные объемы гидротермальных растворов, перемещаясь вдоль этих узких зон с огромной скоростью, практически не взаимодействовали с породами.

Резкая смена по вертикали узких зон слабопроявленного натриевого метасоматоза мощными зонами объемного катаклаза с наложенным оруденением, по мнению В. А. Крупенникова [11], является доказательством тектонического эксплозивного формирования таких катаклазитов за счет высокого давления самих флюидов, вследствие их дегазации и последующему рудоотложению в условиях сформировавшейся декомпрессии. Это обусловлено главным образом структурными условиями и эволюцией фазового состояния ураноносного флюида при подъеме с мантийных глубин на пути миграции, связанной с изменением состава, свойств, падением температуры, давления флюида. Таким образом, форма тел с тупым выклиниванием, характерная для месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах, обусловлена эксплозивными процессами гидрогазоразрыва.

Близким по этому показателю является Докучаевское месторождение, в пределах которого урановое оруденение выклинивается в 900–1000 м от дневной поверхности. На Северинском месторождении (Кировоградский рудный узел)

промышленное урановое оруденение прослежено до глубины 1200 м от дневной поверхности.

Субботско-Мошоринская широтная зона разломов является региональной рудовмещающей все рудные поля Кировоградского рудного района разломной структурой, фиксируется широтными зонами градиентов гравитационного поля. Сквозные и поперечные (субмеридиональные) разломные зоны (Кировоградская, Новоконстантиновская, Звенигородско-Анновская), Адабашская (северо-восточного простирания) контролируют урановорудные объекты Кировоградского рудного района исключительно в пределах Субботско-Мошоринской разломной зоны (рис. 3).

Кировоградский минимум поля силы тяжести, вероятнее всего, контролирует астеносферную ловушку, которая являлась областью масштабного скопления ураноносных флюидов с последующим формированием из привнесенных с ними рудогенных компонентов в верхних слоях земной коры целого ряда крупных объектов оруденения (10 месторождений) Кировоградского урановорудного района (рис. 2).

Криворожский урановорудный район, включающий Первомайское и Желтореченское месторождения урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах контролируется Криворожско-Кременчугским разломом, к которому пространственно тяготеет региональная положительная магнитная аномалия шириной, достигающей 30 км. И в поле силы тяжести, и в магнитном поле Криворожско-Кременчугский разлом выделяется ступенеобразным градиентом. Породам криворожской серии соответствует интенсивная маг-

нитная аномалия и хорошо выраженная положительная гравитационная аномалия. Желтореченское месторождение урана находится в узле пересечения широтной Субботско-Мошоринской минерагенической разломной зоны с Криворожско-Кременчугским разломом, Первомайское – в узле пересечения Девладовского широтного разлома с Криворожско-Кременчугской зоной (рис. 3).

Кора играла рудоконцентрирующую функцию, которая определялась структурно-литологическими ловушками и геохимическими барьерами. Литологические факторы контроля оруденения в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах заключаются в исключительной приуроченности уранового оруденения к альбититам.

Основная масса оруденения в карбонатно-натриевых метасоматитах месторождений урана Кировоградского и Криворожского рудных районов связана с **зонами предрудного объемного катаклаза**, формирование последних обусловлено процессами эксплозивного гидрогазоразрыва вследствие эволюции щелочного гидротермального ураноносного раствора (флюида) [11], который приводил к масштабному скоротечному массовому рудоотложению.

Между формированием альбититов и урановым оруденением существует некоторый временной разрыв, устанавливаемый по предрудному катаклазу в альбититах. Несмотря на это, результаты изотопно-геохимических исследований указывают, что рудоотложение является естественным результатом эволюции тех же растворов, которые производили натриевый метасоматоз [16]. Л. М. Степанюком и коллегами выявлена прямая зависимость между

содержанием урана в альбититах и его содержанием в плагиоклазах этих альбититов. Зависимость линейная и описывается уравнением $Y=0,0859x-1,612$, коэффициент корреляции $R^2=0,9818$, что указывает на общую миграцию урана, натрия и стронция в метасоматизирующем растворе. Это, с учетом дискретного характера формирования промышленно-урановорудных альбититов на фоне развития значительных по простиранию ореолов развития ураноносных альбититов, свидетельствует о том, что мантийные ураноносные флюиды не только привносили рудогенные компоненты, но и существенным образом влияли на морфологию рудных тел непосредственно над пронизываемыми каналами привноса ураноносных флюидных потоков с астеносферного очага их первичной масштабной генерации при их дискретном экранировании на верхних структурных этажах. Спорадическое экранирование разломов могло быть обусловлено смещением и усложнением конфигурации фрагментов зон пронизываемости от поверхности М к дневной поверхности, что наблюдается по данным ГСЗ.

Последовательное использование нового комплекса региональных прогностико-оценочных критериев и расширенного комплекса локальных критериев и признаков промышленного эндогенного уранового оруденения дает возможность поэтапно с соблюдением принципов системности, последовательных приближений и соответствия объектов масштабам исследований выполнить: 1) оценку зональности и потенциальной уранорудопродуктивности сегментов литосферы, 2) научно обосновать перспективы территорий на возможность формирования

промышленных месторождений урана 3) с выделением площадей наиболее вероятной их локализации.

Перспективы развития промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины на УЩ

Глубинные факторы уранового оруденения, которые ранее не принимались во внимание для оценки уранорудопродуктивности, являются главными для формирования промышленно значимых крупных эндогенных урановородных объектов. Только при обеспечении глубинных петрологических условий образования уранорудогенерирующей системы, которая способна сепарировать уран на мантийном уровне, генерировать ураноносные флюиды, транспортировать их к месту локализации по глубинным разломам и влиять на их локализацию на верхних структурных этажах, происходило формирование крупных эндогенных месторождений урана и урановородных районов вне зависимости от вещественно-структурного состава и геохимической специализации вмещающих урановородные районы УЩ пород за счет мантийного источника урана, что доказано нами геохимически, структурно и позволяет регионально рассматривать как благоприятную для поиска новых промышленных урановородных объектов территорию в пределах литосферного сегмента высокой степени зрелости центральной части Украинского щита (рис. 1, 2).

Максимальному проявлению обоснованного нами комплекса прогнозно-оценочных критериев промышленного уранового оруденения на УЩ и условиям формирования крупных месторождений урана соответствует только территория Кировоградской урановорудной металлогенической области, территориально

совмещенная с Ингульским мегаблоком (рис. 1, 2, 3), и это подтверждается многолетними, интенсивными, но безрезультатными поисками аналогов ее рудных районов в других частях УЩ.

На сегодняшний день удовлетворение потребностей атомной энергетики в сырье осуществляется за счет эксплуатации месторождений Кировоградского рудного района: Новокозантиновского, Мичуринского, Ватутинского, Центрального.

Задачи наращивания запасов урана промышленных категорий объектов эндогенного класса может быть решена *только при проведении работ в Кировоградском рудном районе.*

Это возможно, исходя из степени проявленных критериев и признаков промышленного уранового оруденения в карбонатно-натриевых метасоматитах (рис. 3), главным образом, за счет увеличения запасов разведанных и прошедших стадию оценочных работ (Щорсовского, Юрьевского, Партизанского) месторождений, проведения поисково-оценочных работ на флангах основных эксплуатируемых месторождений – Ватутинского, Новокозантиновского и разведанных и переданных в эксплуатацию (Докучаевское), а также за счет разведываемых (Апрельское), в первую очередь, исходя из экономических соображений.

Подольский блок Днестровско-Бугского мегаблока УЩ с выявленным аномальным участком астеносферы с глубиной погружения кровли около 200 км (рис. 1) характеризуется наличием троговой структуры поверхности Мохо, мощностью коры более 45 км, установленным по данным ГСЗ корово-мантийным субстратом, крайне низкой мощностью гранитного слоя (<5 км), широко проявленной флюидизатно-экспло-

зивной деятельностью, что свидетельствует о низкой проницаемости разломных структур, в том числе и для проникновения металлогенически специализированных ураноносных флюидов, и подтверждается единственным установленным рудопроявлением урана (Хмельникским) и несколькими проявлениями. Все это в совокупности делает Подольский блок Днестровско-Бугского мегаблока малоперспективным с точки зрения формирования промышленного уранового оруденения.

Одиночные непромышленные месторождения, многочисленные мелкие объекты оруденения – рудопроявления, проявления урана могли образовываться при образовании мелких обособлений специализированного ураноносного флюида в широком диапазоне РТ-условий, однако формирование крупных промышленных объектов возможно лишь при масштабной концентрации урана в мантийных флюидах в астеносферных ловушках с определенными РТ-параметрами, исходя из геохимических свойств урана (большой ионный радиус, ярко выраженные окси- и фторофильные свойства) при низком положении геоизотерм, и соответственно достаточно мощной литосфере и в тесной связи с глубинными разломами, способными быть транспортными каналами специализированного мантийного рудоносного флюида с глубин его масштабной генерации.

Проведенный в процессе исследования анализ геолого-структурных особенностей формирования разноранговых урановородных объектов в различных частях УЩ позволил в этом наглядно убедиться. Так, в Южнодонбасской минерогенической зоне установлена пространственно-временная сопряженность уранового

оруденения гидротермального типа и кимберлитопроявлений (рис. 4), обогащенных ураном, что, по нашему мнению, является свидетельством мантийного источника рудогенных элементов в формировании урановородных объектов данной зоны.

Сопоставление возраста кимберлитов Восточного Приазовья, полученного по макрокристам неизменного флогопита (для трубки Новоласпинская – 380–391 млн лет (для отдельных флогопитов 465 млн лет), для трубки Южная – 383–389 млн лет (для отдельных флогопитов 423 млн лет) (лаборатория Витватерсрандского университета ЮАР (F. Kruger, J. Holtzhausen)) [18], К-Аг методом по мегакристам флогопита (в кимберлитах трубки Южная имеются мегакристы флогопита возраста 598±6 млн лет (определен К-Аг методом в ИГМР НАН Украины), по результатам исследования зерен циркона ионным микросондом SHRIMP-II Центра изотопных исследований ВСЕГЕИ им. Карпинского их возраст из трубки Новоласпинской составляет 417±15 и 425±8 млн лет и из дайки Новоласпинской 420±18 и 425±11 млн лет [18]) и возраста урановой минерализации по наиболее богатому ураном пробам Николаевского месторождения (по величине ²⁰⁷Pb/²³⁵U возраст минерализации составляет 390±40 млн лет (по В. А. Анисимову, материалы КП “Кировгеология”)), позволяет сделать вывод, что протокимберлитовый расплав в северо-восточной части Приазовского мегаблока начал формироваться значительно раньше процесса уранового рудообразования, а вывод кимберлитовых колонн к поверхности был практически синхронен с формированием наиболее богатых урановородных кон-

центрацій, що вказує на часову зв'язь цих двох процесів і передопределяє просторову локалізацію в єдиній мінерагенічній розломній зоні.

Однак потужність літосферного сегмента, відповідного Приазовському мегаблоку по даним ГСЗ, откоректованим по результатам петрологічних досліджень, не дозволяє віднести його до уранорудопродуктивного для формування крупних местороджень урана.

Петрологічні характеристики включень мантийних мінералів кимберлитів Приазов'я дозволяють

оцінювати глибину їх генерации в 120–130 км.

В той же час установлене принципове сходство Інгульського і Приазовського мегаблоків, виражене в просторово-часовій співзв'язності кимберлітопроявлень і уранорудного процесу гідротермального типу, суттєво підвищує перспективи виявлення невеликих по запасам непромышленних уранорудних об'єктів (типа Николаєвського местородження) в межах Южнодонецької мінерагенічній зони, що викладено нами в ряду публікацій [4 і др.].

Крайне низка перспектива виявлення крупного промислового уранового орудення в межах уранового орудення за межами установленної Кіровоградської аномальної літосферної неоднорідності, в тому числі в межах зв'язаних з нею зональних площей розвитку радіогеохімічних аномалій, обусловлених зривом високо-температурного кремнієво-калієвого метасоматоза в епоху 2000–1900 млн років на ділянках Немировського, Центрального, Алексєєвсько-Дашевського розломів

мантийного проникнення поза Кіровоградської урановорудної області (рис. 1).

Радіогеохімічні аномалії привноса урана в епоху 1800–1750 млн років, зв'язані з розломними структурами за межами Кіровоградської літосферної неоднорідності, в цілому не виявлені. Низькі перспективи виявлення промислового уранового орудення обґрунтовані і детально викладені нами в ряду публікацій для Орехово-Павлоградської мінерагенічній зони [6 і др.].

Бесперспективною на виявлення крупного промислового уранового орудення

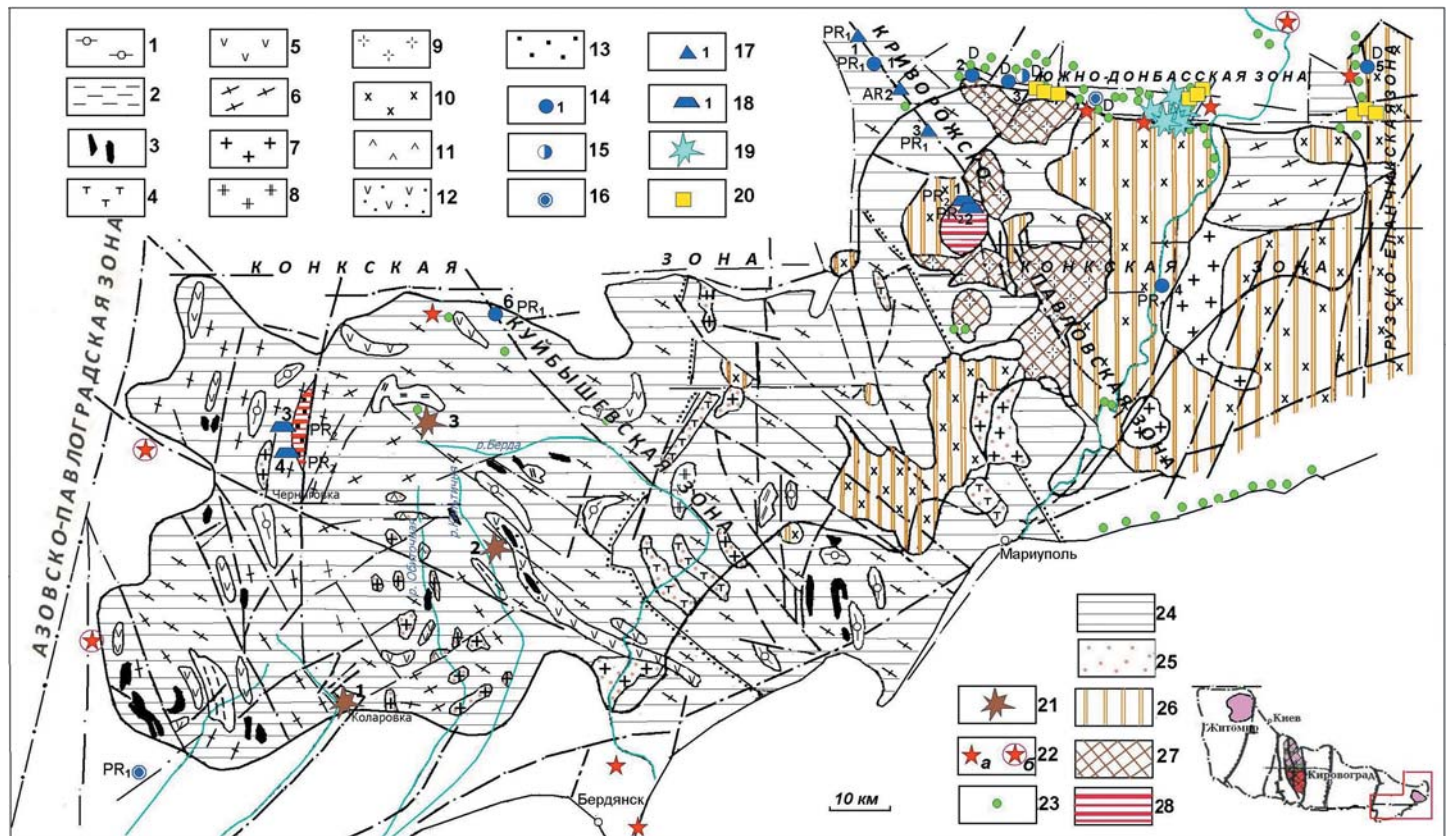


Рис. 4. Схема розміщення уранорудних об'єктів (по матеріалам КП "Кіровгеологія"), критеріїв і ознак алмазності (по матеріалам Приазовської ГРЗ) в Приазов'ї та розподілу урана в породах Приазовського мегаблоку (по Г. В. Жукову і др.):

1 – гнейси піроксенові та амфібол-піроксенові, 2 – гнейси біотитові, 3 – кварцити залізисті, 4 – гнейси біотит-графітові, біотит-силіманитові та др. породи пестрої толщі р. Берди; 5 – амфіболіти; 6 – мигматити суттєво плагіоклазові по різних породах; 7 – породи гранодіоритового комплексу; 8 – граніти плагіоклазові р. Каратюк (Захар'євський масив); 9 – анадольські граніти; 10 – породи граносієнітового комплексу; 11 – обиточненський інтрузивний комплекс (кварцеві діорити, тоналіти, діорити та габро-діорити); 12 – гуляйпольський метаморфізований комплекс (високоглинозмістисті ставроліт-, кордієрит-, андалузит-, силіманитвміщуючі та двуслюдяні кристалосланці, мрамори та графітвміщуючі гнейси, метакогломерати) 13 – чернігівський карбонатитовий комплекс (карбонатити та асоціюючі з ними нефелінові та щелочні сієніти, щелочні ультрабазити). Ендегенні рудопроявлення урана: 14 – гідротермальні в мінералізованих зонах: 1 – Васильєвське, 2 – Балка Велика Барсукова, 3 – Балка Мандрыкіна, 4 – Балка Барбасова, 5 – Еланчикське (Покрово-Кіреєвське); 6 – Куйбишевське; 15 – Николаєвське непромышленне местородження в базальних відкладеннях; 16 – гідротермальні уранбітумні в зонах дроблення порід кристалічного фундаменту; 17 – гідротермально-метасоматичні в пегматоїдних гранітах: 1 – Павловське, 2 – Новоандрєєвське, 3 – Валер'яновське; 18 – магматичного типу в масивах сієнітів та карбонатитів: 1 – Мазуровське, 2 – рудник "Циркон"; 3 – Новополтавське, 4 – Чернігівське; 19 – кимберлітопроявлення, 20 – знахідки жильних пікритів; 21 – експлозивні лампроїтопроявлення: 1 – Мрія, 2 – Кам'яши, 3 – Конка; 22 – знахідки кристалів алмазів: а – в сучасній аллювії, б – відкладення мезо-кайнозойського віку; 23 – знахідки піропів в сучасній аллювії. Середнє вміст урана в породах (n·10⁻⁴ %): 24 – менше 2,5; 25 – від 2,5 до 5; 26 – від 5 до 8; 27 – від 8 до 10; 28 – більше 10

ния вследствие особенностей строения литосферы по результатам проведенного нами анализа является Полесская (Припятская) минерагеническая зона, вмещающая единичные рудопроявления и проявления урана в минерализованных зонах дробления пород фундамента и типа “несогласия” (рис. 5) [5].

Исходя из анализа глубинного строения Западно-Ингулецкой металлогенической зоны, ее геохимической и металлогенической специа-

лизации, нами сделан вывод, что определяющую роль в отсутствии крупных промышленных концентраций урана в ее пределах, несмотря на размещение в пределах Кировоградского уранопродуктивного литосферного сегмента, вероятней всего, сыграла недостаточная глубина проникновения Западно-Ингулецкого разлома, не позволившая дренировать зону масштабно концентрирования ураноносных флюидов (160 и более километров).

Это обусловило невысокую насыщенность ураном менее глубинных локальных обособлений специализированных мантийных флюидов, отсутствие необходимых для масштабного рудогенеза условий тепло-массопереноса, которые не обеспечены глубиной и проницаемостью Западно-Ингулецкой разломной зоны как потенциального флюидопроводника специализированных мантийных флюидов.

Из этого следует, что поиск крупных промышленных месторождений урана в Западно-Ингулецкой разломной зоне бесперспективен, включая медно-урановое оруденение типа рудопроявления Червоний Шахтар. При сегодняшнем состоянии минерально-сырьевой базы урана Украины, существующей конъюнктуре рынка, высокой степени специализированной изученности, Западно-Ингулецкая минерагеническая зона может рассматриваться лишь как потенциальная в плане разработки выявленных объектов и как малоперспективная для поиска новых урановорудных объектов.

Зональность мантии, предопределившая отсутствие петрологических условий для масштабной генерации мантийных геохимически специализированных флюидов в пределах Волчанского выступа, вмещающего Дибровскую структуру, обусловила формирование небольшого по запасам одиночного объекта комплексного оруденения – Дибровского TR-U-Th месторождения. Небольшое по запасам комплексное оруденение указывает на вариации геодинамического режима, отсутствие его стабильности, некое сходство в сепарации рудогенных компонентов (TR, U, Th) в мантии, что определяет общность путей их миграции в мантии и коре, совместную локализацию на геохимических барьерах (рис. 6).

В перспективе комплексная разработка *группы таких объектов* может стать коммерчески выгодной, поэтому их выявление и изучение является целесообразным [3].

В физических полях в районе Волчанского выступа на общем фоне выделяются несколько объектов, выраженных интенсивными положительными (более 5000 нТл) магнитными и

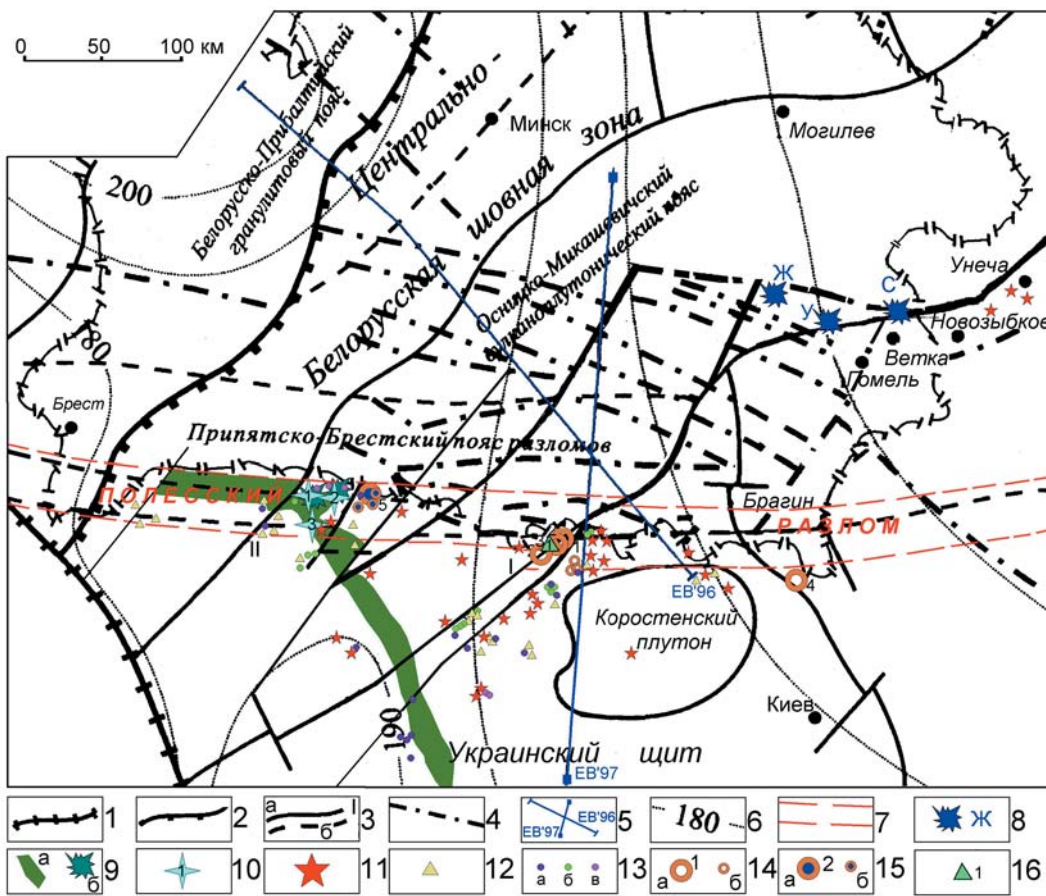


Рис. 5. Схема размещения бериллиеносных, ураноносных объектов, критериев и признаков алмазности в пределах Полесского разлома и сопредельных территорий. Тектоническая основа, критерии и признаки алмазности территории Беларуси (по Р. К. Гарецкому и др. [2])

1 – линия Тейссейра-Торквинста; 2 – западная граница Центрально-Белорусской шовной зоны (Кореличский разлом мантийного заложения); 3 – разломы (а – палеопротерозойские глубинные (I – Суцано-Пержанский; II – Стоходский); б – палеопротерозойские с рифей-вендской активностью); 4 – платформенные девонские разломы; 5 – участки профилей EUROBRIDGE’97; ’96; 6 – изолинии мощности литосферы; 7 – границы Полесского разлома; 8 – поля диаграмм (Ж – Жлобинское, У – Уваровичское, С – Светиловичское); 9: а – трапловые образования, б – трапловые трубки взрыва; 10 – находки обломков кимберлитов в гетерогенных брекчиях (проявления: 1 – Кухотсковопольское, 2 – Перекальское, 3 – Серховское) [30]; 11 – находки кимберлитовых алмазов в рыхлых отложениях; 12 – находки хромшпинелидов; 13 – находки пиропов с повышенным содержанием Cr_2O_3 в четвертичных и мезо-кайнозойских отложениях (а – до 5 %, б – 5–7 %, в – 7–12 %) [30]; урановорудные объекты (PR₂): 14 – гидротермального типа в минерализованных зонах дробления в кристаллическом фундаменте с проявлением разных типов: а – рудопроявления (1 – Ястребецкое (уран-ториевое), 2 – западный фланг Пержанского рудного поля (уран-ториевое) 3 – Пержанское (уран-ториевое), 4 – Ковшиловское (урановое)), б – проявления; 15 – полигенного типа вблизи поверхности структурного несогласия между AR-PR фундаментом и перекрывающими его рифейскими континентальными слабо дислоцированными неметаморфизованными толщами: а – рудопроявления (5 – Вербовское), б – проявления; 16 – Пержанский рудный район

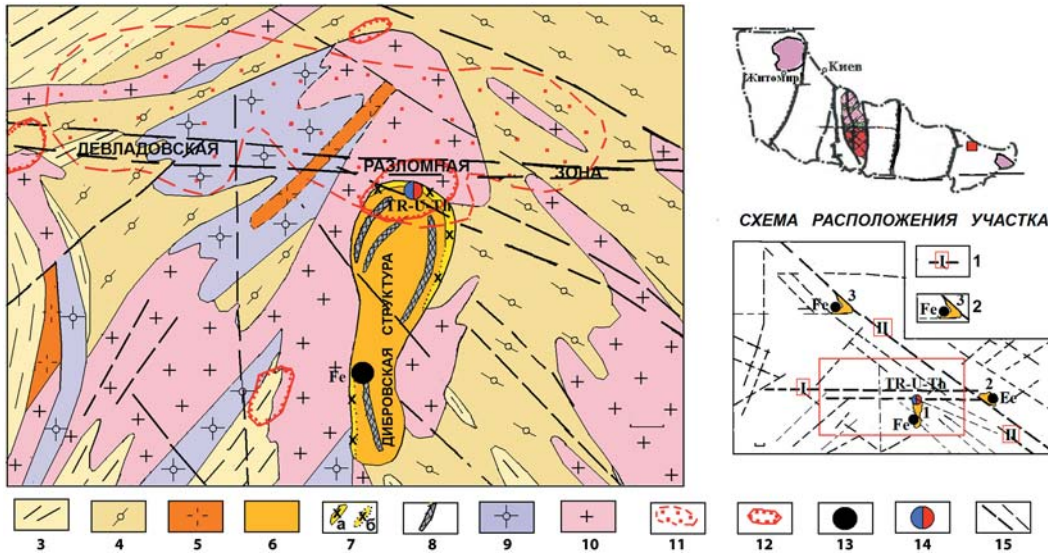


Рис. 6. Геолого-структурная схема Дибровской структуры (по материалам КП “Кировгеология” с изменениями автора)

темрюкская свита (PR₁): 1 – гнейсы биотитовые; приазовский комплекс (PR₁): 2 – граниты биотитовые, 3 – мигматиты биотитовые, 4 – пегматиты, 5 – граниты аляскитовые; сачкинская свита (PR₁): 6 – кварциты силлиманит-мусковит-полевошпатовые, кристаллосланцы гранат-амфибол-биотит-кварцевые магнетит-содержащие, кристаллосланцы гранат-биотит-кварцевые с магнетитом, 7 – кварциты железистые, 8 – метасоматически измененные породы: а – выявленные, б – предполагаемые; 9 – радиометрические аномалии, 10–11 геохимические аномалии элементов, 12 – аномалии урана в водных ореолах, 13 – проявления железа, 14 – рудопроявление TR-U-Th природы, 15 – разрывные нарушения: а – главные, б – второстепенные, 16 – линия геологического разреза. На схеме размещения участка: 1 – разломные зоны (I – Девладовская, II – Волчановская), 2 – структуры: 1 – Дибровская, 2 – Волчанская, 3 – Зеленогайская, 4 – протерозойский дайковый комплекс – диабазы

гравитационными (более 2 мГал) аномалиями, среди которых Дибровская, Волчанская и Зеленогайская структуры (рис. 6).

Подчеркнем, что Волчанская и Зеленогайская структуры имеют очень сходное геологическое строение с Дибровской, выполнены породами сачкинской свиты с железистыми кварцитами, которые фиксируются контрастными магнитными аномалиями. Волчанская структура, как и Дибровская, расположена в Девладовской разломной зоне.

Таким образом, практическое использование созданного комплекса прогнозно-оценочных критериев на основе генетической концепции мантийно-флюидной модели эндогенного уранового оруденения позволило выполнить прогнозные оценки возможности обнаружения промышленных объектов эндогенного уранового оруденения в пределах урановорудной металлогенической провинции УЩ.

Многолетние масштаб-

но проведенные работы на основе использования модели уранового рудообразования, ориентированной на мобилизацию урана из вмещающих пород земной коры с целью обнаружения аналогов объектов промышленного уранового оруденения Кировоградского, Криворожского, Алексеевско-Лысогорского урановорудных районов за пределами Кировоградской урановорудной металлогенической области, исходя из мантийно-флюидной модели эндогенного уранового оруденения и особенностей глубинного строения литосферы УЩ, были изначально обречены на негативный результат.

Предложенная в работе обоснованная и подтвержденная большим объемом фактического материала новая комплексная прогнозная оценка потенциала формирования промышленного уранового оруденения основных геолого-промышленных типов для УЩ, которая основывается на использовании

выявленных в процессе исследования закономерностей и критериях, позволяет целенаправленно и эффективно проводить дальнейшие работы по наращиванию промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины.

Выводы

Результаты проведенных исследований существенно уточнили представления об особенностях связи глубинного строения УЩ и перспективности его частей на определенные геолого-промышленные типы уранового оруденения, а также региональные и локальные критерии их выявления и отражения в геолого-геофизических материалах. Это позволило в значительной мере по-новому подойти к прогнозированию объектов промышленного эндогенного уранового оруденения в различной геологической обстановке. Выполнена новая комплексная прогнозная оценка потенциала формирования промыш-

ленного уранового оруденения основных геолого-промышленных типов для УЩ, выделен ряд наиболее перспективных объектов, что позволяет целенаправленно и эффективно проводить дальнейшие работы по наращиванию промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины.

Разработанный в процессе исследования комплекс региональных прогнозно-оценочных критериев формирования промышленного уранового оруденения и предложенный принципиально новый подход технологии прогнозирования и поиска крупных месторождений урана, основанный на идее первичного масштабного концентрирования рудогенных компонентов в астеносфере при определенных РТ-условиях применимы к оценке перспектив уранорудопродуктивности любых металлогенических провинций в пределах щитов.

Совокупность выявленных геофизических и петролого-геохимических индикаторов физических и химических неоднородностей мантии, особенности РТ-условий, при которых масштабно генерировались мантийные флюиды той или иной металлогенической специализации, вследствие чего возникала геохимическая зональность астеносферы, по сути, представляет собой новый класс критериев, пригодных не только для выделения потенциально рудоносных площадей, но и для оценки возможности формирования крупных рудных месторождений различных рудноформационных типов в их пределах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович И. И. Металлогения/И. И. Абрамович. – М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010. – 328 с.
2. Гарецкий Р. Г. Оценка перспектив алмазоносности территории Беларуси по данным глу-

бинной геофизики/Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев, И. В. Данкевич// *Літасфера*. – 2005. – № 2 (23). – С. 59–70.

3. *Калашиник А. А.* Геолого-структурные особенности Дибровского TR-U-Th рудопроявления Украинского щита/А. А. Калашиник, А. В. Кузьмин// *Наукові праці УкрНДМІ НАН України*. – 2012. – Т. 10. – С. 173–185.

4. *Калашиник А. А.* Геолого-структурные особенности простраивенного размещения урановорудных объектов и кимберлитопроявлений в Южно-донбасской минерогенической зоне/А. А. Калашиник// *Геохімія і рудоутворення*. – 2011. – Вып. 29. – С. 106–119.

5. *Калашиник А. А.* Минерогенический потенциал широтных разломных зон Украинского щита/А. А. Калашиник// *Мінеральні ресурси України*. – 2010. – № 3. – С. 24–36.

6. *Калашиник А. А.* Геолого-структурные особенности проявления эндогенного уранового оруденения в Западном Приазовье и Орехово-Павлоградской минерогенической зоне УЩ. Статья 1. Геолого-структурная связь урановорудных объектов с разломными структурами, массивами щелочных пород и карбонатитов в районе исследований/А. А. Калашиник// *Зб. наукових праць УкрДГРІ*. – 2011. – № 2. – С. 56–72.

7. *Калашиник А. А.* Новые закономерности размещения и особенности формирования промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита// *Зб. наукових праць УкрДГРІ*. – 2014. – № 1. – С. 58–78.

8. *Калашиник А. А.* Новые прогнозно-оценочные критерии в технологии прогнозирования формирования промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита/А. А. Калашиник// *Зб. наукових праць УкрДГРІ*. – 2014. – № 2. – С. 27–54.

9. *Калашиник А. А.* Новая технология прогнозирования и поиска крупных эндогенных месторождений урана в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы// *Вестник ВГУ. Серия геология*. – 2014. – № 2. – С. 5–12.

10. *Калашиник А. А.* Роль глубинных факторов в формировании промышленного эндогенного уранового рудообразования УЩ/А. А. Калашиник// *Зб. наукових праць УкрДГРІ*. – 2013. – № 3. – С. 33–48.

11. *Крупеников В. А.* Мантійний щелочно-флюїдно-магматический петрогенезис как

основной рудообразующий процесс/В. А. Крупеников// *Матер. II Межд. симпозиума “Уран-ресурсы, производство”* (Москва, 26–28 ноября 2008 г.). – М.: Из-во ФГУП ВИМС. – С. 28–31.

12. *Летников Ф. А.* Зрелость литосферных блоков и проблемы эндогенного рудообразования/Ф. А. Летников// *Глубинные условия эндогенного рудообразования*. – М.: Наука, 1986. – С. 16–24.

13. *Никишов К. Н.* Петролого-минералогическая модель кимберлитового процесса/К. Н. Никишов. – М.: Наука, 1984. – 112 с.

14. *Синчук В. В.* Взаимосвязь технологий добычи и переработки урановых руд и состояния балансовых запасов/В. В. Синчук// *Доклады Межд. научно-практ. конф. “Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых”* (Симф.-Судак, 27 сент.–3 окт. 2010 г.). – К.: Академперіодика, 2011. – С. 118–123.

15. *Соллогуб В. Б.* Литосфера Украины/В. Б. Соллогуб. – К.: Наукова думка, 1986. – 184 с.

16. *Степанюк Л. М.* Джерело натрію та урану ураноносних альбітитів на прикладі Докучаєвського родовища Інгульського мегаблока УЩ/Л. М. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. О. Сьомка та ін.: тези доповідей наукової конференції “Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд” (Київ, 14–16 березня 2012 р.). – ІГМР, 2012. – С. 78–80.

17. *Федоришин Ю. І.* Модель прогнозу та пошуків джерел корінної алмазносності і її реалізація на території Українського щита: дис. д-ра геол. наук: 04.00.01/Федоришин Юрій Іванович. – К., 2007. – 408 с.

18. *Цымбал С. Н.* Возраст кимберлитов Приазовского геоблока Украинского щита (по геологическим и изотопным данным)/С. Н. Цымбал, А. О. Кременецкий, С. Н. Стрекозов: матер. конф. “Щелочной магматизм Земли и его рудоносность” – Донецк, 2007. – С. 245–248.

REFERENCES

1. *Abramovich I. I.* Metallogeny. – M.: *GEOKART-GEOS, 2010*. – 328 p. (In Russian).
 2. *Garetsky R. G., Karataev G. I., Dankevich I. V.* Evaluation of diamond prospects in Belarus according to deep geophysics// *Litasphaera*. – 2005. – № 2 (23). – P. 59–70. (In Russian).
 3. *Kalashnik A. A., Kuzmin A. V.* Geological and structural features of the TR-U-Th

Dibrovskoe ore formation of the Ukrainian Shield// *Naukovy pratsy UkrNIMI NANU*. – 2012. – V. 10. – P. 173–185. (In Russian).

4. *Kalashnik A. A.* Geological and structural features of the spatial distribution of uranium ore objects and kimberlitic magmatism in the South-Donbas mineragenic zone// *Geohimiya i rudoutvorenniya*. – 2011. – V. 29. – P. 106–119. (In Russian).

5. *Kalashnik A. A.* Mineragenic potential of latitudinal fault zone of Ukrainian Shield// *Mineralni resursy Ukrainy*. – 2010. – № 3. – P. 24–36. (In Russian).

6. *Kalashnik A. A.* Geological-structural features of the spatial distribution of endogenetic uranium ore objects and in the West Azov and Orekhovo-Pavlogradskaya mineragenic zone of the Ukrainian Shield. Article 1. Geological-structural connection of uranium ore objects with fault structures, massives of alkaline rocks and carbonatites in the district of researches// *Zb. naukovykh prats UkrDGRI*. – 2011. – № 2. – P. 56–72. (In Russian).

7. *Kalashnik A. A.* The new conformities to law of placement and features of formation of industrial endogenic uranium deposits of the Ukrainian Shield// *Zb. naukovykh prats UkrDGRI*. – 2014. – № 1. – P. 58–78. (In Russian).

8. *Kalashnik A. A.* New prognostic-evaluation criteria in technology prognosis of forming industrial endogenic uranium deposits of the Ukrainian Shield// *Zb. naukovykh prats UkrDGRI*. – 2014. – № 2. – P. 27–54 (In Russian).

9. *Kalashnik A. A.* Prognostication of major endogenous uranium deposits with take into account to features of the Ukrainian Shield lithosphere structure// *Vestnik VGU. Seriya Geologiya*. – 2014. – № 2. – С. 5–12. (In Russian).

10. *Kalashnik A. A.* The role of the depth factors in the formation of endogenous industrial uranium ore formation of the UkrSh// *Zb. naukovykh prats UkrDGRI*. – 2013. – № 3. – P. 33–48. (In Russian).

11. *Krupenikov V. A.* Mantle alkaline fluid-magmatic petrogenesis as the main ore-forming process// *Mater. II Mezhd. simpoziuma “Uran-resursy, proizvodstvo”* (Moskva, 26–28 noyabrya 2008). – M.: *Iz-vo FGUP VIMS*. – P. 28–31. (In Russian).

12. *Letnikov F. A.* Maturity of lithospheric blocks and problems of endogenous mineralization// *Glubinnye usloviya endogenogo rudoobrazovaniya*. – M.: *Nauka, 1986*. – P. 16–24. (In Russian).

13. *Nikishov K. N.* Petrological, mineralogical model of kim-

berlite process. – M.: *Nauka, 1984*. – 112 p. (In Russian).

14. *Sinchuk V. V.* Interconnection technologies for the extraction and processing of uranium ores and the state of balance reserves// *Doklady Mezhd. nauchno-prakt. konf. “Aktualnye problemy geologii, prognoza, poiskov i otsenki mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh”* (Simf.-Sudak, 27sent.–3 okt. 2010). – K.: *Akademperiodika, 2011*. – P. 118–123. (In Russian).

15. *Sollogub V. B.* Lithosphere of the Ukraine. – K.: *Nauk. dumka, 1986*. – 184 p. (In Russian).

16. *Stepanjuk L. M., Bondarenko S. M., Somka V. O.* та in. Source of sodium and uranium of uraniferous albitites on the example of Dokuchaievsk field of the Ingulsky megablock of the UkrSh, tezy dopovidey naukovoyi konferentsiyi “Teoretychni pytannya i praktyka doslidzhennya metasomatychnykh porid i rud” (Kyiv, 14–16 bereznya 2012). – *IGMR, 2012*. – P. 78–80. (In Ukrainian).

17. *Fedoryshin Ju. I.* Model of forecast and prospecting of primary diamond-ferousness sources and its realization in the Ukrainian Shield: *dis. doktora geol. nauk: 04.00.01*. – K., 2007. – 408 p. (In Ukrainian).

18. *Tsybmal S. N., Kremenetsky A. O., Strekozov S. N.* Ages of kimberlites of the Azove geoblock of the Ukrainian Shield (based on geological and isotope data): tez. konf. “Shchelochnoj magmatizm Zemli i ego rudoznosnost” (Donetsk, 2–8 oktyabrya 2007 g.). – *Donetsk, 2007*. – P. 245–248. (In Russian).

УДК 553.94:693.26(477.61)

Е. С. ГЕРАСИМОВ, главный геолог,
К. В. ВСЕВОЛОДСКИЙ, генеральный директор (“ВостокГРГП”)

УГЛЕОТХОДЫ – РЕЗЕРВ РАСШИРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ УКРАИНЫ (НА ПРИМЕРЕ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Породы, слагающие отвалы угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, следует рассматривать как комплексное техногенное минеральное сырье многоцелевого использования: строительное, теплоизоляционное, петрорургическое, керамическое, огнеупорное, технологическое, красяще-пигментарное, энергетическое, агрохимическое. Это существенный резерв расширения минерально-сырьевой базы полезных ископаемых Украины.

Breeds, composing dumps ugledobyvayuschikh and uglepererabatyvayuschikh enterprises, it is necessary to examine as complex technogenic mineral raw material of the mnogocelevevogo use: build, heat-insulation, petrorurgicheskoe, ceramic, heat-resistant, technological, krasyasche-pigmentarnoe, power, agricultural chemistry. It is substantial reserve of expansion of raw mineral-material base of minerals of Ukraine.

Производство любой товарной продукции, связанной с минеральным сырьем, в том числе и углей, происходит в несколько стадий: выявление месторождения; подготовка его к освоению; добыча и кондиционирование сырья; складирование минеральных отходов. В результате образуются скопления (хранилища) породных масс, извлеченных из недр одновременно с основным полезным ископаемым. Так, при подземной добыче на каждую тонну угля выдается на поверхность от 0,25 до 3,00 т породы, при открытой разработке – 7,1 т и при обогащении образуется 0,25 т отходов [1]. Угледобывающие отвалы угледобывающих и обогатительных предприятий, представляют собой в большинстве случаев многоцелевое комплексное техногенное минеральное сырье, а сами хранилища – техногенные месторождения угольного ряда.

Горнодобывающая промышленность Донбасса является базовым сектором экономики Украины. Далеко не исчерпанный минерально-сырьевой потенциал Донбасса в сочетании с высокой степенью геологической изученности и хозяйственной освоенности определяют экономическую значимость и перспективы развития горнодобывающей промышленности. Угольная промышленность Донбасса как основная часть топливно-энергетического комплекса Украины, удовлетворяющая значительную часть потребности страны (45 %, в недалеком будущем до 83 %), одновременно является источником формирования значительного количества твердых отходов. За время интенсивного развития Донбасса добыто 8 млрд т угля, накоплено огромное количество отходов. Отходы располагаются на поверхности земли и занимают значительные территории. Насчитывается 1257 терриконов, суммарный объем которых более 1 млрд м³ [2]. В угле-

добывающем производстве отходами считаются все компоненты, не вошедшие в состав конечного продукта, т. е. товарного угля, – горные породы угленосной толщи, вскрышные породы, включения в углях, угольные и угольно-породные шламы и низкосортные угли. По своим потребительским свойствам эти минеральные образования обычно представляют собой сырье для производства нового продукта [1–10].

Вещественный состав породных отвалов, слагающих техногенные месторождения углесодержащего сырья, формируется под воздействием ряда факторов: генетических, связанных с условиями осадконакопления и диагенеза первичных осадков, и конечный минеральный состав определяется степенью эпигенетических преобразований; экзогенных, обусловленных выветриванием породной массы, поднятой на поверхность и складированной в отвалах; и наконец, комбинированных экзо- и техногенных, вы-

званных горением отвалов и обжигом (термической переработкой) пород. Фракционный состав пород, слагающих отвалы, колеблется в широких пределах – от пылевидных частиц до глыб размером 1000 мм в поперечнике и более. Строение отвалов, особенно крупных, довольно сложное.

Несмотря на широкий диапазон формационных и фациальных обстановок, а также значительный временной интервал осадко- и торфонакопления на территории Донбасса, в пределах различных угленосных объектов, литологический состав углевмещающих пород сравнительно идентичен – это песчаные, песчанистые, алевролитовые и глинистые отложения. Под воздействием атмосферных осадков, криогенных процессов, резких сезонных и суточных колебаний температур, а также кислот, образующихся здесь же за счёт разложения органического вещества и сульфидов железа, происходит интенсивное физическое и химическое выветривание пород отвалов [3].

Одним из главных факторов преобразования углевмещающих пород в отвалах является термическое воздействие, связанное с широко распространенными пожарами на отвальных хозяйствах шахт. В Донбассе около 57 % отвалов находятся в различных стадиях горения.

Химический состав углевмещающих пород довольно разнообразен, что следует из весьма широкого набора слагающих их литотипов пород и пёстроного минерального состава последних. В то же время в отвалах, вследствие перемешивания извлекаемой из недр горной массы, химический состав значительно усредняется. С целью изучения химического состава углеотходов Луганской области осуществлены их химические

анализы [3]. Основными компонентами отходов являются: оксиды кремния (SiO_2) – 37–68 %; алюминия (Al_2O_3) – 20–28 % и железа (Fe_2O_3) – 3–14 %. Остальные элементы (магний, кальций, калий, натрий, титан, фосфор, сера) колеблются в незначительных интервалах 1–7 %. По химическому составу золы и величины кремнистого модуля некоторые породы отвалов можно использовать для получения глинозёма, электрокорунда, глинозёмного цемента. Согласно полученным результатам [3] по химическому составу луганские отвальные породы (модули) характеризуются следующими величинами: кремнистый ($\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$) в интервале 0,14–0,71; силикатный ($\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$) в интервале 1,25–5,05; глинозёмный ($\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$) в интервале 1,4–4,42. Углеотходы, имеющие силикатный модуль в интервале ($n=2-4$) и глинозёмный модуль ($p=1-3$), могут использоваться в качестве добавки для производства цементного клинкера при полной или частичной её замены в зависимости от химического состава других составляющих [3].

Среди пород, слагающих техногенные месторождения угольного ряда, в соответствии с существующей номенклатурой выделяются следующие минеральные типы: кварцевый, кварц-полевошпатовый, карбонатный, каолиновый, монтмориллонитовый, гидрослюдистый и смешанный.

Многочисленными работами отечественных [1–10] и зарубежных исследователей однозначно установлено, что по гранулометрическому, минералогическому, химическому составу и физико-механическим свойствам отходы добычи и обогащения ископаемых углей пригодны для использования в

качестве основного сырья или компонента шихты при производстве различных видов продукции, используемой во многих отраслях хозяйства. Породы, слагающие отвалы угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, как показывают исследования, проведённые в “ВостокГРГП” [3], углепромышленные отходы следует рассматривать как комплексное техногенное минеральное сырьё многоцелевого использования следующих потребительских групп:

Металлургическое. На территории Луганской области насчитывается 620 отвалов угольных шахт, в каждом из них в среднем 1 150 м³ породы. В 1 т породы террикоников области содержится: свинца – от 7 до 30 800 г/т, при фоновом содержании 16 г/т; ртути – 0,05–1 г/т (в отдельных случаях до 100 г/т), при фоновом содержании 0,09 г/т; цинка – 50–7 660 г/т, при фоновом – 70 г/т; мышьяка – 20–7 000 г/т, при фоновом – 5 г/т; сурьмы – 20–700 г/т, при фоновом – 2 г/т; молибдена – 1,5–15 г/т, при фоновом – 1,8 г/т; меди – 20–200 г/т, при фоновом – 28 г/т; хрома – 70–700 г/т, при фоновом – 134 г/т; бария – 200–2 000 г/т, при фоновом – 206 г/т; марганца – 200–5 000 г/т, при фоновом – 540 г/т; кадмия в единичных пробах – 17–60 г/т, при фоновом 0,6 г/т; висмута в единичных пробах – 15–1 000 г/т, при фоновом – 2 г/т; лития – до 300 г/т, при фоновом – 45 г/т; германия – 9,8 г/т, при фоновом – до 3 г/т.

Для получения металлов наиболее перспективными являются породные отвалы шахт (№) 9 “Ленинская”, “Венгеровка”, 1 “Богучарская”, 14, 30, ОФ “Ровеньковская” со средним содержанием (г/т): свинца – 119–5 238; висмута – 75–395; олова – 124–1 509; германия – 12–75; цинка – 100–1 985; мышьяка

– 115–3 875; сурьмы – 37–264.

Строительное. По данным лабораторно-технологических исследований опробования углеотходов шахт “Красный партизан”, им. Горюшкина, № 40 им. Володарского, им. Я. М. Свердлова, “Свердловская” и ряда других при введении добавок в шихту до 40 % можно получить кирпич керамической марки М-“75”. Из отходов шахты № 23 получен кирпич выше приведенной марки при использовании 100 % основного сырья.

В производстве цемента используются глинистые породы с силикатным модулем ($n=2-4$), глинозёмным модулем ($p=1-3$). Такие параметры имеют отходы шахт (№): “Венгеровка”, 7, 1 “Дарьевская”, 71 “Индустрия”, 40 им. Володарского, 1 “Свердловская”, 68 “Майская”, 2 “Одесская”, 1–2 “Ровеньковская”, 7 “Дарьевская”, 3 им. Дзержинского, им. Лютикова, “Донецкая”, 1 “Краснодарская”, “Победа”, “Самсоновская Западная”, им. Н. П. Баракова, 17, 18, 173. Эти отходы могут быть использованы в качестве глинистой составляющей сырья для производства цементного клинкера при полной или частичной её замены, в зависимости от химического состава других составляющих.

Представляют определённый интерес результаты исследований [4] в области использования горелых пород терриконов в промышленности строительных материалов. В лабораторных условиях были проведены исследования по выбору оптимальных составов смеси и режимов сушки с последующей апробацией их в полужаждовских и заводских условиях. Проведённые эксперименты позволили выявить возможность использования горелой породы в качестве:

1. Сырья для изготовления строительных материалов: бетонитов, кирпича,

плитки тротуарной, половой, фасадной, облицовочной.

2. Отощачущей добавки в кирпич пластического формования с целью повышения качества последнего.

3. Основной добавкой в шихту при изготовлении керамических изделий.

В 1979–1980 гг. проведены исследования отходов обогащения антрацита [4]. Лабораторные технологические испытания показали возможность получения керамзита, и обоснована следующая оптимальная шихта: отходы обогащения – 75 %; щёлочь фенольная – 8 %; мартеновская пыль – 5 %; вода – 12–20 %. Объёмная масса керамзита в куске – 0,77–1,43 г/см³. Объёмная масса насыпного керамзита – 0,4–0,5 г/дм³. Температура обжига – 1 140–1 180 °С.

Агрохимическое. В комплексе мероприятий по повышению плодородия почв продолжают развиваться методы улучшения качества почв, сельскохозяйственных культур и повышения их урожайности за счёт внесения в почвы соответствующих горных пород либо их минеральных фракций и шахтных углеотходов. Добавка в почвы таких пород или продуктов их переработки в ряде случаев способны восполнить недостаток в почве необходимых для растений химических элементов (в состав растений входит 60 элементов, из которых С, О₂, N₂, H₂, P, K, S, Ca, Mg, E – важнейшие), улучшить физико-химические свойства почв, создать благоприятные условия для жизнедеятельности азотфиксирующих микроорганизмов и тем самым способствовать повышению урожайности и улучшения качества сельскохозяйственной продукции. На Украине рекомендовано использовать в земледелии для повышения плодородия почв (для производства органоминеральных удобрений

ний) углеотходы с содержанием органических остатков (угля) – 8 %, серы меньше 9 %, зола не регламентируется [5]. Таким требованиям соответствуют углеотходы шахт (№): 81 “Киевская”, 82 “Черниговская”, 3 им. Космонавтов, 6 “Дарьевская”, 54, 40 им. Володарского, 2 “Хмельницкая”, им. Я. М. Свердлова, ОФ “Центросоюз”, им. Н. П. Баракова, и др. На первых этапах оценки возможности применения горных пород для повышения плодородия почв можно рекомендовать подбор пар почва-горная порода на основе минерально-геохимических параметров.

Огнеупорное. В Луганской области при добыче углей подземным и открытым способом ежегодно в породные отвалы складировается огромное количество высококачественных аргиллитов, которые являются превосходным сырьем для огнеупорного производства. Это отходы шахт: № 1-2 “Ровеньковская”, им. Н. П. Баракова, “Должанская Капитальная”, ЦОФ “Дуванная”, ЦОФ “Свердловская”.

Энергетическое. Содержание органической массы (угля) и возможность её извлечения при разработке угольных отвалов Луганской области характеризуются показателем обогатимости углепородной массы (терриконы шахт № 71, 40 им. Володарского). При переработке 2 539 т породной массы на обогатительной фабрике [6] получено 500,49 т угля (19,72 % первоначальной массы) зольностью 12,9 %. По фракциям: более 50 мм – 55,26 т (зола – 3,2 %); –50+25 мм – 34,46 т (зола 11 %); –25+13 мм – 118,28 т (зола 14,5 %); –13+6 мм – 292,49 т (зола 14,0 %). Наиболее перспективными являются терриконы шахт (№): 81 “Киевская”, 1–2 “Ровеньковская”, 6 “Дарьевская”, 3 им. Космонавтов, 2 “Хмель-

ницкая”, ЦОФ “Свердловская”.

В 1972–1980 годах кафедрой обогащения полезных ископаемых Донецкого политехнического университета [7] проводились работы по утилизации летучих зол тепловых электростанций Украины. Анализ вещественного состава показывает, что в летучей золе ТЭЦ содержится до 20 % углесодержащей фракции с зольностью до 36 %. Угольные частицы хотя и претерпели температурные изменения, все же обладают высокой теплотой сгорания и представляют значительный интерес как дополнительное энергетическое топливо, которое может быть извлечено из состава золы и обратно направлено в топку электростанций. Разработана технологическая схема получения из летучей золы угольного концентрата зольностью 24–35 %, теплотой сгорания 2000–4000 ккал/кг при выходе 16–20 %. После удаления из летучей золы несгоревших угольных частиц она удовлетворяет техническим требованиям как сырье для производства аглопоритового гравия и других строительных материалов [8].

Бальнеологическое. Это получение искусственных сульфидных грязей из перегоревших и неперегоревших отвальных пород путем измельчения и увлажнения [9]. Один из главных компонентов лечебных сульфидных грязей гидротроилит $FeS \cdot nH_2O$ образуется, как и пирит, в морских или в морских прибрежных зонах в результате сложных биохимических и физико-химических процессов в восстановительной среде, где сероводород соединяется с железом. Физико-химические показатели сульфидной грязи отвальной породы: влажность – 30–70 %; липкость – 1,6–10,5 кПа; теплоемкость – 0,283–0,2971 г-град; реакция среды (рН)

– 3,8–7,98; окислительно-восстановительный потенциал – 184–278 мВ; радиоактивное загрязнение – 14–15 мкР/ч. Полученные данные свидетельствуют о том, что химический состав и физические свойства отвальной породы шахт и лечебных сульфидных грязей (сакская, иловая) сходны.

Алюминиевое сырье [3]. В качестве сырья используется выветрившаяся отвальная порода старых терриконов. По данным спектрального анализа содержание Al_2O_3 колеблется от 9 до 31,74 %. Основную массу составляют оксиды кремния SiO_2 – 37–68 % и железа Fe_2O_3 – 3–14 %. Содержание CaO и MgO не превышает 3 % [3]. Стандартом на глинозем [10] для производства первичного алюминия содержание Al_2O_3 должно быть более 15 %. Таким требованиям соответствуют породные отвалы шахт (№): 2 “Киевская”, 115, 7, 9 “Ленинская”, 40 им. Володарского, 2 “Хмельницкая”, 14, “Красный партизан”, 23, им. Я. М. Свердлова, ЦОФ “Ровеньковская”, ЦОФ “Центросоюз”, ЦОФ “Маяк”, 22.

Основа дорожного покрытия, изготовление наполнителей и минеральных порошков для асфальтобетона в качестве глинистой составляющей и активных добавок в цементном производстве, производстве известково-глинистых вяжущих оценены в работе [3]. Для этих целей использовались горелые породы отвалов шахт (№) “Венгеровка”, ЦОФ “Ровеньковская”, 82 “Черниговская”, 81 “Киевская”, 71 “Индустрия”, 3 им. Космонавтов, 7 “Дарьевская”, 17 им. Фрунзе, 68, 30, 1 “Одесская”, 2 “Должанская”, 1 и 2 “Хмельницкая”, “Свердловская” и др.), эффективность которых обусловлена повышенной гидравлической активностью и капиллярностью, меньшей влагопотребностью в техно-

логических процессах, хорошим сцеплением с битумом. Асфальтобетоны имеют неплохую теплостойкость и незначительное теплопоглощение, что при хорошем сцеплении битума с горелыми породами гарантирует длительный срок службы и стойкость против деформации асфальтобетонного покрытия.

По своему экономическому содержанию расширение использования минеральных ресурсов, сконцентрированных в техногенных месторождениях, равнозначно интенсификации ресурсопользования, т. к. без увеличения добычи основного сырья позволяет существенно расширить производственный потенциал Украины. Это обусловлено возможностью расширения минерально-сырьевой базы, получения дополнительных видов и объемов продукции при снижении или, в крайнем случае, без увеличения совокупных издержек в добывающих и перерабатывающих отраслях промышленности. Это и есть важнейшая составная часть проблемы комплексного использования ресурсов углей и всех остаточных полиминеральных продуктов, образующихся при их добыче, обогащении и переработке.

Огромные и постоянно возобновляющиеся ресурсы углепромышленных отходов представляют собой существенный резерв расширения минерально-сырьевой базы полезных ископаемых Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубова Л. Г. Терриконники угольных шахт – источники сырья для металлургии // Л. Г. Зубова // Уголь Украины. – 2000. – № 7. – С. 32–33.
2. Панов Б. С. Экологическая минералогия как новое направление минералогических исследований в Донбассе // Б. С. Панов, Ю. А. Проскурня // Наук. праці ДонНТУ. Сер. гірничо-геологічна – Донецьк, 2004. – Вип. 81. – С. 43–45.
3. Лисенко І. Л. Звіт про роботи по вивченню техногенних утворень вуглепромислового

комплексу з оцінкою промисловості їх використання (Краснодонський та Довжано-Ровенецький ГПР)/Л. Л. Лисенко, В. К. Романін//ДНВП "Геоінформ України" – 2013. – 246 с.

4. *Посыльный И. Д.* Использование горных пород для производства строительных материалов//И. Д. Посыльный//Ресурсы твердых горючих ископаемых, их увеличение и комплексное рациональное использование в народном хозяйстве (материалы VII Всесоюзного угольного совещания). – Ростов-на-Дону. – 1981. – С. 357–358.

5. *Писковой А. В.* Исследование вмещающих пород, антрацитовых пластов, породных прослоев и отходов обогащения антрацитов для определения пригодности при производстве строительных материалов//А. В. Писковой, А. И. Карамышев//Ресурсы твердых горючих ископаемых, их увеличение и комплексное рациональное использование в народном хозяйстве (материалы VII Всесоюзного угольного совещания). – Ростов-на-Дону, 1981. – С. 370–371.

6. Вимоги до комплексного вивчення родовищ і підрахунку запасів супутніх корисних копалин і компонентів та відходів гірничого виробництва. Київ, 1997. – С. 15.

7. *Аверин Г. А.* Прогноз содержания угля в техногенном месторождении /Г. А. Аверин, О. Г. Доценко, С. А. Чечерин//Уголь Украины. – 2008. – № 4. – С. 42–44.

8. *Мигуля П. С.* Летучие золь ТЭЦ – дополнительный источник энергетического топлива/П. С. Мигуля, М. Г. Ельяшевич, Л. А. Коткина//Научные труды ДонНТУ. – Донецк, 1981. – С. 356–357.

9. ГОСТ 11991-83 "Щебень и песок аглопоритовые. Технические условия". – 1983. – 93 с.

10. *Зубова Л. Г.* Использование породы угольных шахт Донбасса в бальнеологии//Л. Г. Зубова, А. Р. Зубов, Н. В. Олейник//Уголь Украины. – 2008. – № 7. – С. 40–42.

11. *Вайтнер В. В.* Производство глинозёма из отходов угледобычи/В. В. Вайтнер, И. И. Калиниченко//Сборник Уральского государственного технического университета. – 2004. – 93 с.

REFERENCES

1. *Zubova L. G.* Waste heaps of coal mines – the sources of raw materials for metallurgy//Ugol Ukrainy. – 2000. – № 7. – P. 32–33. (In Russian).

2. *Panov B. S., Proskumyak Yu. A.* Environmental mineralogy as a new direction of mineralogical investigations in the Donbass//Nauk. pratsi DonNTU. Ser. girnicho-geologichna. Donetsk, 2004. – Vyp. 81. – P. 43–45. (In Russian).

3. *Lysenko I. L., Romanin V. K.* Report on the study of technogenic structures of coal-industry complex with assessment of their use (and Krasnodonsky Dovzhanorovenetsky-HPR)//DNVP "Geoinform Ukraine", 2013. – 246 p. (In Ukrainian).

4. *Posilnyi I. D.* Rocks using for production of building materials//Resursy tverdyh gorychih iskopaemyh, ih uvelicheniye i kompleksnoye ratsionalnoye ispolzovaniye v narodnom hozaystve (materialy VII Vsesoyuznogo ugolnogo soveschaniya). – Rostov-na-Donu, 1981. – P. 357–358. (In Russian).

5. *Piskovoy A. V., Karamishev A. I.* Study of the host rocks, anthracite formations, rock layers and enrichment waste of anthracite to determine the suitability in the manufacture of building materials//Resursy tverdyh goruchih iskopaemyh, ih uvelicheniye i kompleksnoye ratsionalnoye ispolzovaniye v narodnom hozaystve (materialy VII Vsesoyuznogo ugolnogo soveschaniya). – Rostov-na-Donu, 1981. – P. 370–371. (In Russian).

6. Requirements for the comprehensive study of deposits and reserve calculation of associated minerals and components and mining waste. Kyiv, 1997. – P. 15. (In Ukrainian).

7. *Averin G. A., Dotsenko O. G., Checherin S. A.* Forecast of coal content in technogenic deposit//Ugol Ukrainy. – 2008. – № 4. – P. 42–44. (In Russian).

8. *Migulya P. S., Yelyashevich M. G., Kotkina L. A.* The fly ash of CHP – an additional source of energy fuel//Nauchniye trudy DonNTU. – Donetsk, 1981. – P. 356–357. (In Russian).

9. ГОСТ 11991-83 "Rubble and sand. Specifications". – 1983. – 93 p. (In Russian).

10. *Zubova L. G., Zubov A. R., Oleynik N. V.* The use of Donbass coal mines rock in balneology//Ugol Ukrainy. – 2008. – № 7. – P. 40–42. (In Russian).

11. *Vaytner V. V., Kalinichenko I. I.* Alumina production from coal waste//Sbornik Uralskogo gosudarstvennogo technicheskogo universiteta. – 2004. – 93 p. (In Russian).

УДК 553.93/9'3.3/9

С. С. ДУМЕНКО, аспірант (Національний гірничий університет України)

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ ВИДОБУТКУ ГАЗУ МЕТАНУ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

У процесі розвитку метановугільної галузі України важливим залишається питання використання досвіду інших держав. При цьому найбільшу увагу варто звертати на території з подібною геологічною будовою й схожими літолого-петрографічними властивостями порід розрізу. У статті висвітлено історію розвитку, геологічні умови та техніко-економічні показники проекту з видобутку газу метану вугільних родовищ у межах формації Хоршшу, що розміщена в провінції Альберта, Канада, та запропоновано способи щодо використання подібного досвіду в межах Донбасу.

In the process of developing the CBM industry in Ukraine it is important to use experience of other countries. The highest attention should be paid to the territories with similar geological structure and rock properties. This article highlights the exploration history, geological environment and technical-economical features of the CBM project within Horseshoe Formation of Alberta, Canada, and suggests this area can be used as an analogue to the Donbas.

Вступ

Найбільш економічно привабливими родовищами для видобутку метану з вугільних пластів вважаються такі, у яких наявний один або декілька потужних не обводнених пластів вугілля, що розміщені на порівняно невеликій глибині та мають високу проникність. Яскравим прикладом таких метановугільних родовищ є вугільний басейн Паудер-Рівер, що розміщений у США, та басейн Ордос у Китаї. На прикладі басейну Паудер-Рівер продемонстровано, як потужність вугільних пластів, що подекуди перевищує 30 м, компенсує той факт, що це вугілля є низькосортним, і дає можливість забезпечити наявність достатніх запасів метану для його промисло-

вого видобутку [6]. Сприятливим чинником у цьому разі є також невелика глибина залягання цих пластів і висока проникність вугілля, що значно зменшує затрати на буріння й стимуляцію свердловин та робить видобуток газу метану економічно доцільним навіть при необхідності паралельної відкачки пластової води з експлуатаційних свердловин.

На жаль, геологічна будова Донецького вугільного басейну є значно складнішою. Це ускладнює використання досвіду інших країн у сфері видобутку газу з вугільних пластів без додаткової адаптації технологій і методів до унікальних умов Донбасу.

Метою цієї статті є висвітлення досвіду переведення покладів метану вугільних пластів з категорії слабовивчених ресурсів до категорії

Рукопис отримано 22.08.2014.

© С. С. Думенко, 2014

промислових запасів на прикладі родовищ інших країн, а також аналіз можливості використання цього досвіду під час проведення подальших геологорозвідувальних робіт в Україні.

Обране для порівняння родовище за геологічною будовою є унікальним і близьким за властивостями до вугільних родовищ України, зокрема Донецького басейну. Родовище розміщене в каньйоні Хорсшу, що в перекладі означає "Підкова". Зазначений каньйон міститься в Центральній Альберті, Західна Канада. Завдяки використанню та адаптації технологій і методів аналізу, що застосовуються для інших басейнів, з 2002 року по 2010 рік на території було пробурено близько 14000 свердловин (не всі серед яких виявились успішними), а річний видобуток метану зріс майже з нуля до 7,2 млрд м³, що становить значну частину всього видобутку провінції Альберта [5, 7, 8].

У цій статті розглянуто головні риси геологічної будови формації каньйону Хорсшу, особливості вугільних пластів басейну та основні принципи, застосовані для налагодження промислового видобутку метану з вугільних пластів. Визначено спільні й відмінні риси формації з відкладами Донецького басейну та проаналізовано можливість використання успішного досвіду провінції Альберта на території України.

Стисла характеристика формації каньйону Хорсшу

Провінція Альберта в Канаді має суттєвий потенціал для видобутку метану з вугільних пластів. На території провінції вирізняються шість основних вугленосних формацій: Манвілле, каньйону Хорсшу, Беллі-Рівер, Сколлард, Кутенау та Лускар. Розміщення цих формацій зображено на рис. 1. Деякі формації перекривають одна одну. Формація каньйону Хорсшу розміщена в

південній центральній частині провінції та простягається завдовжки 400 км при середній ширині близько 80 км. Загальна площа території поширення формації становить понад 32000 км² [8].

Вугілля каньйону Хорсшу сформувалося в умовах прибережної рівнини моря Бірпо. Берегові лінії простягалися з північного заходу на південний схід майже паралельно простяганням на сьогодні Скелястих гір. Коливання рівня моря сприяло розвитку перешарування тонких вугільних пластів з континентальними й мілководно-морськими аргілітами та береговими й річковими пісковиками. Витриманість вугільних пластів змінюється по латералі. У деяких випадках найбільш витримані вугільні пласти простежуються на 30–50 км по простягання фацій та до 15 км у напрямку падіння фацій. У інших випадках пласти виклинюються на відстані 1,5–2,0 км. Поклади метану вугільних пластів каньйону Хорсшу приурочені до великої кількості малопотужних слабovitриманих по площі вугільних пластів, що розмі-

щені в широкому стратиграфічному інтервалі.

Геологічна служба Альберти провела всебічні дослідження в різних формаціях

провінції Альберта. Геологічний розріз (рис. 2) ілюструє глибинну будову території та взаєморозміщення вугленосних формацій між собою. На

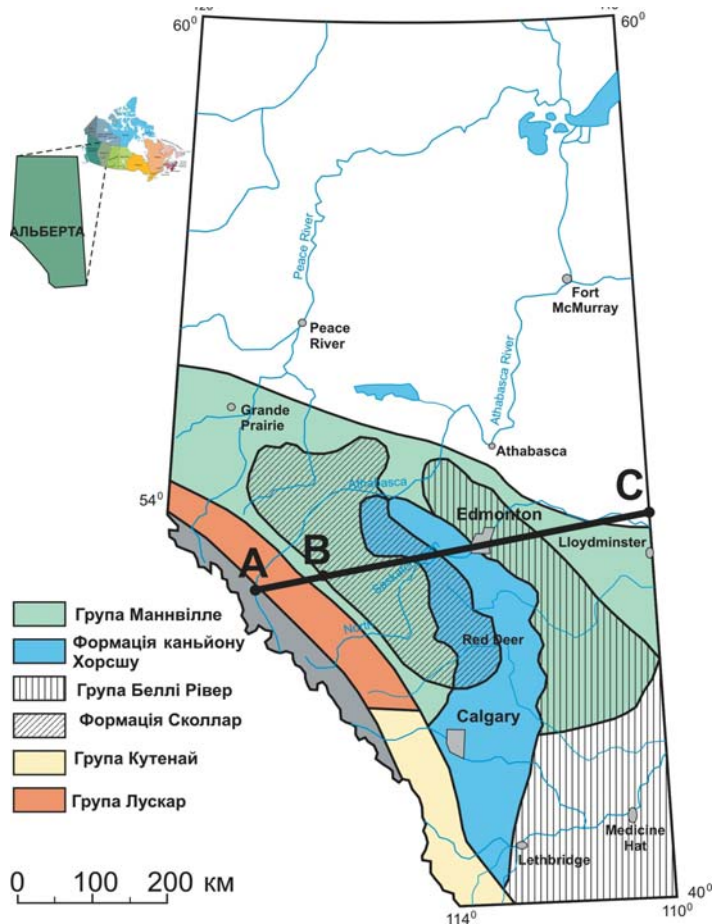


Рис. 1. Взаєморозміщення вугленосних формацій провінції Альберта, Канада

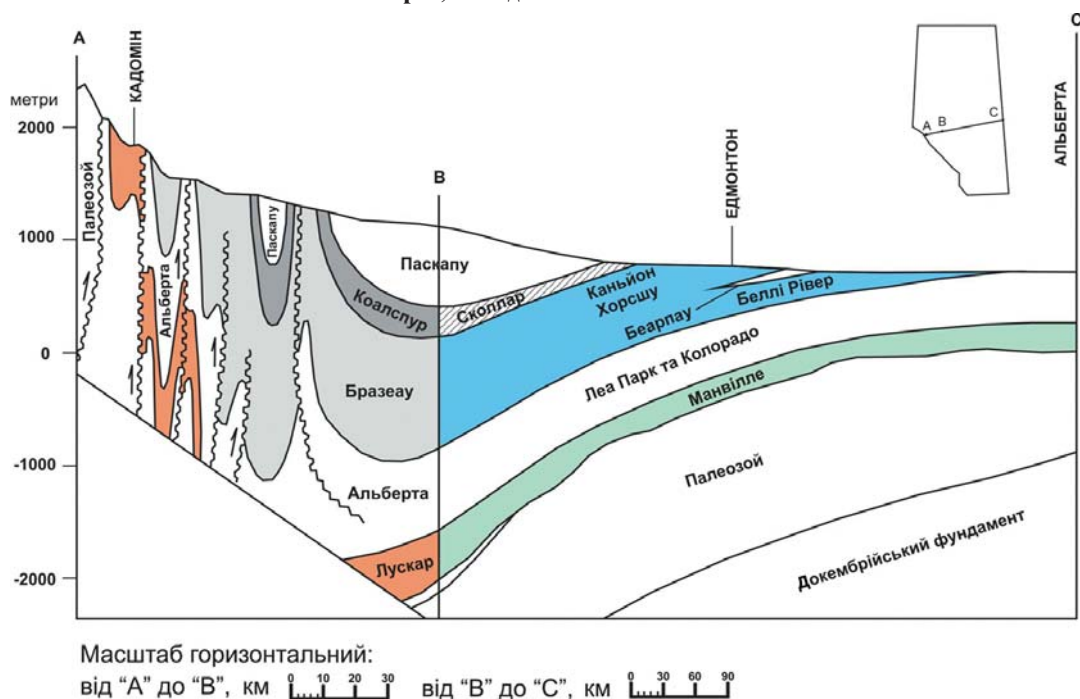


Рис. 2. Геологічний розріз по лінії А–В–С

рис. 2 добре видно, що відклади формацій верхньокрейдяного періоду й молодших формацій виходять на денну поверхню у східній частині провінції та заглиблюються на захід, убік району розвитку Скелястих гір.

Формація каньйону Хорсшу міститься в кампанському ярусі верхньокрейдяного періоду. Потужність формації подекуди сягає 400 м, вона складена переважно аргілітами та алевролітами з невеликими пластами пісковиків і вугілля.

Ряди вугільних шахт розміщені поряд з виходом на денну поверхню кожної вугільної зони. Це дало змогу вивчити характеристику кожної з них.

За даними пробурених свердловин більшість вугільних пластів виклинюються по площі на невеликій відстані. Чиста загальна потужність вугільних пластів перебуває в межах від 6 до 22 м при кількості пластів від 5 до 30 та більше.

Середній уміст газу у вугіллі становить $0,77 \text{ м}^3/\text{т}$ з діапазоном значень від $0,26$ до $1,11 \text{ м}^3/\text{т}$. Зольність у середньому становить 20 %, а вміст летких речовин знаходиться в діапазоні 29–38 % при середньому значенні у 30 %. Середній уміст вологи становить 4 %. Середня густина вугілля $1,47 \text{ г}/\text{см}^3$ [5, 7].

Щільність запасів газу сильно залежить від загальної потужності пластів вугілля. За даними праці [5], вона становить 35–55 млн $\text{м}^3/\text{км}^2$ у найперспективнішій зоні центральної частини каньйону Хорсшу та менше $35 \text{ млн м}^3/\text{км}^2$ в інших його частинах. Загальні геологічні запаси газу формації оцінюються в 940 млрд м^3 .

Найбільш незвичайна особливість вугілля каньйону Хорсшу полягає в тому, що в деяких областях формації у вугільних пластах майже відсутня вода. Під час видобутку газу співвідношення газ/вода

є дуже низьким, близько 40 л води на 1 тис. м^3 видобутого газу. Дебіти видобувних свердловин є індивідуальними й варіюються від 300 до 16 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$ при середніх $3000 \text{ м}^3/\text{добу}$ [5].

Іншою особливістю вугільних пластів є аномально низькі пластові тиски, що перебувають на рівні 10–50 % від гідростатичних при середньому значенні у 30 %. Причиною відсутності води в пластах та аномально низьких пластових тисків є постльодовикове підняття території, що призвело до ерозії й осушення порід [5].

Стисло підсумуємо основні геологічні особливості формації каньйону Хорсшу:

- від 10 до 30 і більше вугільних пластів у кожній свердловині, на відміну від одного або декількох дуже потужних пластів, що є більш типовим для інших родовищ;
- широкий інтервал глибин залягання пластів та, відповідно, інтервалів експлуатації;

- сухі вугільні пласти (в кліважі майже відсутня рухома вода);

- аномально низький пластовий тиск.

Історія вивчення родовища

До 2000 року для оцінки вугільних пластів було пробурено близько 200 свердловин, жодна з яких не дала комерційних припливів газу. Економічна неефективність розробки пов'язувалась з декількома чинниками: низька проникність, недосконалість методів стимуляції та освоєння свердловин, низькі ціни на газ у країні.

Наприкінці 2000 року були проведені роботи з випробування пластів методом вивчення зміни тиску після закачування води у вугільний пласт. Такі дані дають змогу оцінити проникність вугільних пластів, а подібні роботи є звичайною практикою в цій галузі. Результати вивчення були невтішні, оскільки закачати воду в пласт вияви-

лося складним завданням. Зазвичай це є свідченням дуже низької проникності. Тоді для налагодження зв'язку свердловина-пласт була використана методика закачування осушеного азоту на великій швидкості, що раніше використовувалася в Аппалачському кам'яновугільному басейні [7]. Таке рішення привело до несподіваного відкриття – вугільні пласти є сухими й дуже чутливими до впливу рідин. При взаємодії із закачаною в пласт водою вугілля ставало майже непроникним для газу. Ці результати привели до налагодження видобутку метану з вугільних пластів, а відсутність води в кліважі значно поліпшила економічну ефективність експлуатації покладів, оскільки вона майже повністю унеможливила необхідність паралельної відкачки води, міститься

Саме цим зумовлене різке збільшення об'ємів буріння. Як зазначалось, з 2002 року по 2010 рік на території було пробурено близько 14000 свердловин, а річний видобуток метану зріс майже з нуля до $7,2 \text{ млрд м}^3$.

Спільні й відмінні риси геології формації каньйону Хорсшу й відкладів Донецького басейну

Беручи до уваги велику площу поширення вуглевмісних відкладів Донецького басейну й значну мінливість властивостей вуглевмісної товщі та вугільних пластів зокрема, для порівняння були використані дані по меншій структурно-тектонічній і стратиграфічній одиниці, а саме по відкладах середньокам'яновугільного віку в межах Красноармійського геолого-промислового району (ГПР).

Загальна потужність вуглевмісної товщі формації каньйону Хорсшу коливається від 400 до 600 м та може вміщувати від 2 до 30 м загальної чистої потужності вугілля. Глибина залягання

пластів коливається від 150 до 1000 м за середнього значення в 400 м. На території Красноармійського ГПР потужність вугленосних відкладів і, відповідно, глибина залягання частини вугільних пластів є дещо більшими. Потужність відкладів середнього карбону становить понад 2000 м за наявності 126 вугільних пластів та прошарків, серед яких 42 вугільні пласти є робочої потужності (понад 0,6 м). Загальна чиста потужність вугілля становить близько 115 м, з яких близько 65 м припадає на пласти робочої потужності [2, 3, 4]. Глибина залягання покрівлі середньокам'яновугільних відкладів змінюється від кількох метрів до 1,0–1,5 км і більше. Варто також зауважити, що 34 вугільні пласти робочої потужності загальною потужністю близько 53 м розміщені в молодших світах C_2^5 , C_2^6 , C_2^7 загальною потужністю близько 1000 м. Це свідчить про те, що коефіцієнт вугленосності в цій товщі є співрозмірним та навіть вищим за коефіцієнт вугленосності формації каньйону Хорсшу.

Потужність вугільних пластів у межах Красноармійського ГПР рідко перевищує 2,0–2,5 м і в середньому становить 0,9–1,0 м. Порівняно з каньйоном Хорсшу, де потужність вугільних пластів зазвичай становить 0,1–2,5 м при середніх значеннях 1,0–1,2 м та максимальних 3–5 м, ці значення є невисокими. Однак газонасиченість вугілля Донбасу значно перевищує показники каньйону Хорсшу й коливається в межах від 4–10 до 15–20 $\text{м}^3/\text{т}$. Саме тому Донецький басейн є значно привабливішим з погляду запасів газу на одиницю об'єму породи та, можливо, матиме вплив на продуктивність свердловин.

Якість і технологічні властивості вугільних пластів у басейнах, що порівнюються, наведені в таблиці.

Таблиця. Властивості вугільних пластів

Назва	Вологість вугілля, % Середня/мін.-макс.	Зольність, % Середня/мін.-макс.	Вихід летких речовин, Середня/мін.-макс.
Формація каньйону Хорсшу	4/1–7,7	20,4/3,2–73,8	30,3/14–37
Донецький басейн, Красноармійський ГПР	1,3/0,7–6,7	10/2–25	34/31,3–41,5

Крім того, вугілля на території обох басейнів відрізняється від вугілля інших метановугільних басейнів світу аномально низькими пластовими тисками. Як зазначалося вище, пластові тиски у вугільних пластах формації каньйону Хорсшу не перевищують 50 % гідростатичного тиску. Пластові тиски в межах Красноармійського ГПР й Донбасу загалом є дещо вищими й сягають 0,75–0,85 від гідростатичного, що відповідає більш сприятливим умовам для видобутку газу з таких пластів.

З наведених даних видно, що властивості вугілля Донецького басейну не є ідентичними вугіллю формації каньйону Хорсшу. Однак більшість параметрів, що характеризують вугілля Донбасу, мають більш сприятливі значення для налагодження промислового видобутку метану.

Невивченим залишається лише питання насичення кліважу водою. Вугільні пласти Донецького басейну вважаються водонасиченими, однак детальних робіт щодо дослідження характеру насичення не проводилось. Проблема полягає в тому, що водонасичені вмісні породи в процесі видобутку вугілля й розвантаження гірничого масиву віддають пластову воду в гірничі виробки, що унеможливує аналіз природної водонасиченості вугільних пластів. Єдиним достовірним методом вивчення характеру флюїдів, що насичують кліваж, є забезпечення надійної ізоляції пластів розрізу у

свердловині та перфорація, здійснена точно в інтервалі залягання вугільного пласта, що дасть можливість забезпечити роботу система “свердловина-вугільний пласт” без впливу вмісних порід. Подібні дослідження за даними, що є у вільному доступі, не проводились, а отже питання характеру насиченості кліважу залишається нез’ясованим.

Технологічні особливості робіт у межах формації каньйону Хорсшу

Історія геологічного вивчення відкладів формації каньйону Хорсшу є дуже цікавою та подекуди нагадує історію проведення геологорозвідувальних робіт у межах Донецького басейну. Під час вивчення перспектив видобутку метану з вугільних пластів каньйону Хорсшу результати буріння деяких свердловин свідчили про те, що окремі пласти давали воду, на відміну від решти пластів у свердловині. У цих випадках пластова вода, що потрапляла в будь-який сухий пласт, завдавала йому не виправної шкоди, повністю перекриваючи віддачу газу з цього пласта. У результаті свердловини віддавали невелику кількість газу з водою. Спроби повернути втрачену продуктивність з використанням різних методів стимуляції пласта не приносили результатів. У деяких випадках перфораційні отвори робились в інтервалі частково обводнених пісковиків, вода з яких заважала проникності вугільних пластів. Крім того, вугільні пласти давніших відкладів формації Беллі-Рівер виявились обводненими й за-

здавали не виправної шкоди вищезалягаючим пластам формації каньйону Хорсшу.

Вивчивши всі вищезазнані випадки, було зроблено висновок про надзвичайну нестійкість сухих вугільних пластів до впливу води. Саме тому перші спроби вивчити проникність вугільних пластів загально визначеними методами закачування води у вугільний пласт зазнали невдачу, часто вони призводили до підвищення тиску в пласті, що знижувався після припинення нагнітання.

Така чутливість вугілля до впливу рідин викликала цікавість і сприяла формуванню думки, що вода, потрапляючи в суху систему кліважу вугілля з низькою пористістю й проникністю, опиняється в пастці через надзвичайно низький тиск у пласті, що є нижчим капілярного.

На початкових стадіях дослідження каньйону Хорсшу інтенсифікація свердловин проводилася методом гідророзриву, проте загалом ці роботи не дали значних результатів. Гідророзриви проводилися з використанням різних речовин, зокрема пінного азоту й вуглекислого газу. Результатом робіт була надзвичайно низька продуктивність свердловин. Єдиний метод гідророзриву, що увінчався хорошим результатом, був гідророзрив з використанням чистого газоподібного азоту, що закачувався на великій швидкості.

Висновки були враховані, а методику вирішили застосовувати на більшій кількості пластів у одній свердловині. За допомогою

колтюбінга свердловина, що вміщує 10–30 вугільних пластів, ефективно обробляється у короткий термін. Час закачки становить 5 хв на пласт, після чого проводиться зупинка на 3–5 хв, а тоді 1–2 хв на підняття КНБК до наступного інтервалу перфорації. Отже, свердловина з 20 вугільними пластами може бути простимульована гідророзривом приблизно за 200 хв плюс час на спуск інструменту на вибій і монтаж-демонтаж обладнання на свердловині.

Цікавою особливістю є те, що більше половини видобутку газу часто припадає на три-чотири пласти вугілля. Решта пластів віддають меншу частину об’єму видобутого газу. Проте, урахувавши, що немає ніякого видимого зв’язку між розміром вугільного пласта, стратиграфією чи глибиною його залягання та швидкістю віддачі газу, неможливо прогнозувати віддачу газу кожним конкретним пластом. Тому для досягнення оптимальних об’ємів видобутку газу необхідна стимуляція кожного пласта. Іншим ключовим чинником для досягнення найбільшого дебіту газу є утримування найменшого можливого тиску на усті свердловини.

Висновки

Основні характеристики вуглевмісної товщі Донецького басейну вивчені недостатньо. Геологорозвідувальні роботи були досить односторонніми та мали на меті насамперед нарощення видобутку вугілля, а останні спроби впровадження ноу-хау закінчилися у 70-х роках і тільки починають відроджуватися сьогодні. Використовуючи досвід налагодження промислового видобутку газу метану вугільних пластів у межах формації каньйону Хорсшу, варто звернути увагу насамперед на те, що успіх геологорозвідувальних робіт був зумовлений використанням дослідниками різ-

них підходів до геологічних і технологічних особливостей буріння нових свердловин. Використання світового досвіду геологорозвідувальних робіт, накопиченого останніми десятиліттями, є важливою складовою постановки геолого-технічних завдань для робіт в Україні, однак сліпе копіювання іноземного досвіду або повторення старих помилок вітчизняних досліджень не приведе до бажаного результату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лелик Б. І., Храпкін С. Г., Лукинов В. В., Кузнецова Л. Д., Джамалова Х. Ф. Пілотний проект: особливості випробування комплексу методів вивчення та видобутку метану вугільних родовищ Донбасу//Геолог України. – Київ, 2009. – № 3. – С. 74–82.

2. Думенко С. С., Приходченко В. Ф. Аналіз впливу фільтраційно-ємнісних характеристик колекторів на результати видобутку газу в Донецькому басейні//Вугілля України. – Київ, липень 2013. – С. 61–63.

3. Думенко С. С., Приходченко В. Ф., Кришталь А. М. Перспективи видобутку газ метану вугільних родовищ в оцінці геолого-геофізичної інформації вуглерозвідувальних свердловин//Мінеральні ресурси України. – 2013. – С. 38–42.

4. Жикаляк М. В. Неосвоені газові ресурси пісковиків Донбасу з низькою проникністю//Геолог України. – № 2 (34). – 2011. – С. 103–107.

5. Ottmar F. Hoch. The Dry Coal Anomaly-The Horseshoe Canyon Formation of Alberta, Canada. Society of Petroleum Engineers. – 2005.

6. Paul C. Lyons, Charles L. Rice. Coal-Geology-United States. Series: Special paper (Geological Society of America), 1986. – 210.

7. Peter A. Bastian, Olwen Wirth, Wang Li, George W. Voneiff. Assessment and Development of the Dry Horseshoe Canyon CBM Play in Canada. Society of Petroleum Engineers. – 2005.

8. U. S. Environmental Protection Agency, Coalbed Methane Outreach Program. Coal Mine Methane Country Profiles. – December, 2010.

REFERENCES

1. Lelyk B. I., Khrapkin S. G., Lukinov V. V., Kuznetsova L. D., Dzhamalova Kh. F. Pilot project:

features of testing the complex methods of study and production of methane on Donbas coal fields//Geolog Ukrainy. – Kyiv, 2009. – № 3. – P. 74–82. (In Ukrainian).

2. Dumenko S. S., Prykhodchenko V. F. Analysis of impact of rocks reservoir properties on results of gas production in the Donetsk basin//Vuhillia Ukrainy. – Kyiv, July 2013. – P. 61–63. (In Ukrainian).

3. Dumenko S. S., Prykhodchenko V. F., Kryshchal A. M. Prospects for production of gas methane of coal fields in evaluation of geological-geophysical information of coal-exploration wells//Mineralni resursy Ukrainy. – 2013. – P. 38–42. (In Ukrainian).

4. Zhykalyak M. V. Undeveloped gas resources of sandstones in Donbas with low permeability//Geolog Ukrainy. – № 2 (34). – 2011. – P. 103–107. (In Ukrainian).

5. Ottmar F. Hoch. The Dry Coal Anomaly-The Horseshoe Canyon Formation of Alberta, Canada. Society of Petroleum Engineers. – 2005.

6. Paul C. Lyons, Charles L. Rice. Coal-Geology-United States. Series: Special paper (Geological Society of America), 1986. – 210.

7. Peter A. Bastian, Olwen Wirth, Wang Li, George W. Voneiff. Assessment and Development of the Dry Horseshoe Canyon CBM Play in Canada. Society of Petroleum Engineers. – 2005.

8. U. S. Environmental Protection Agency, Coalbed Methane Outreach Program. Coal Mine Methane Country Profiles. – December, 2010.

УДК 550.812:553.98(477.5)

І. І. ДЕМ'ЯНЕНКО, д-р геол. наук, головний науковий співробітник (УкрДГРІ),

М. І. ЄВДОЩУК, д-р геол. наук, професор, завідувач відділу геології вугільних родовищ (Інститут геологічних наук НАН України),

І. І. ДЕМ'ЯНЕНКО, канд. геол. наук, головний геолог (НАК "Надра України"),

А. М. КРИШТАЛЬ, директор (ТОВ "Єврогаз Україна")

ОСОБЛИВОСТІ КРИТЕРІЇВ ПОШУКІВ І РОЗВІДКИ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ

Галузевий стандарт України про етапність і стадійність геологорозвідувальних робіт на нафту і газ за основними показниками які визначають ефективність пошукового етапу – виявлення пастки та отримання промислового припливу вуглеводневого флюїду на стадії параметричного буріння, через складності геологічної будови досліджуваного об'єкта не забезпечує однозначність структурних побудов їх геологічних моделей. На таких об'єктах доцільно переходити до робіт розвідувального етапу з уточненням їх геологічних моделей, що зменшує витрати й тривалість геологорозвідувального процесу. При цьому геологічна модель виявленого об'єкта й відкритого родовища (покладу), побудована за даними параметричного буріння, повинна постійно уточнюватися з урахуванням нових даних розвідувального буріння і результатів промислових геофізичних досліджень.

The industrial standard of Ukraine about stages and phases of exploration for oil and gas does not provide the uniqueness of geological model structural constructions of the investigated object by the main parameters detecting efficiency of the prospecting stage – trap finding and getting industrial hydrocarbons flow while the parametric drilling stage because of it's complexity geological structure. It is advisable to move to exploration stage on such objects against specification theirs geological model, which cuts down expenses and duration of exploration process. In the same time the found object geological model and the open field (deposit) model, based upon parametric drilling data must be always specified with the new drilling data and geophysical results of industrial research.

Вступ. Поклади нафти, газу та конденсату, що виявляються в різних пастках [3] пошукових об'єктів і розвідуються на родовищах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), мають складну будову, різні параметри, геологічні характеристики,

стратиграфічне та гіпсометричне положення [4]. Скупчення вуглеводнів (ВВ) розміщені у юрських, тріасових відкладах: нижньопермських, верхнього карбону, московського, башкирського, серпуховського, візейського та турнейського ярусів, породах девону, протерозой-архейських утвореннях

Рукопис отримано 22.04.2014.

© І. І. Дем'яненко, 2014

фундаменту та пов'язані в основному з порушеними брахіантикліналями й геміантикліналями різної будови [1, 5, 7]. Переважають багатопластові родовища з різними поверхами нафтогазоносності. Геологорозвідувальні роботи (ГРР) на пошукових об'єктах і родовищах за тривалістю, результатами та ефективністю неоднозначні.

Необхідність виконання робіт щодо аналізу критеріїв та методики пошуків і розвідки покладів нафти й газу для вдосконалення подальшого процесу геологорозвідувальних робіт на об'єктах ДДЗ зумовлюють **актуальність досліджень**.

Зв'язок з державними науковими та практичними програмами геологорозвідувальних робіт. Аналізуючи пошукові й розвідувальні роботи (ПРР) відповідно до чинного галузевого стандарту України про етапність і стадійність геологорозвідувальних робіт на нафту й газ [6], ми виходимо з того, що об'єктом пошукового етапу є пастки, структури (об'єкти), на які складено паспорти та проведено геолого-економічну оцінку пошукових робіт. З одержанням першого промислового припливу ВВ стадія пошуку родовищ (покладів) завершується. Виявлені родовище або поклад стають об'єктами подальших розвідувальних робіт, тобто основним критерієм для початку етапу розвідувальних робіт є наявність виявленого родовища (покладу). Подальші роботи плануються й проводяться з урахуванням геологічної будови родовища та моделі об'єкта, що розвідується, нафтогазоносної площі та базисного покладу розвідки, величини розвідуваних запасів, очікуваного приросту їх на одну свердловину, вартості свердловини та інших даних ефективності геологорозвідувальних робіт. Особливість і практична

цінність критеріїв розвідки на родовищах неоднозначні. Насамперед відзначимо, що основний критерій – виявлення промислових скупчень ВВ, який визначає початок розвідувального етапу (Липоводолинське, Південнопанасівське, Вишнівське, Південнограківське та інші родовища), досягається не тільки на пошуковому етапі, але, як показує практика робіт, і під час буріння параметричних свердловин на етапі регіональних досліджень. Із 18 досліджених родовищ і продуктивних площ параметричними свердловинами відкрито 10. Це пов'язане з тим, що родовища, відкриті параметричними свердловинами на етапі регіональних досліджень і пошуковими на пошуковому етапі, не завжди є однаково підготовленими до розвідки скупчень нафти й газу. Тому свердловини, які закладаються після виявлення покладів ВВ для вирішення розвідувальних завдань, нерідко свого призначення не виконують, а практично використовуються для уточнення будови пасток та оцінки перспективності відкладів за межами продуктивної площі (Скоробатківське та Зимницьке родовища, Савинківська та Золотихинська продуктивні площі та інші). На таких об'єктах, зважаючи на глибинність нафтогазоносних комплексів, невеликі розміри покладів, виявлені параметричними буріннями, у низці випадків доцільно переходити до робіт розвідувального етапу. Це дасть можливість, не використовуючи пошукове буріння, підготувати поклад до розробки розвідувальними свердловинами й певною мірою зменшити тривалість геологорозвідувального процесу на родовищі.

Невирішені питання. Геологічна будова перспективного об'єкта й виявленого родовища та їх геологічні

моделі за своїм значенням посідають друге місце серед низки критеріїв ГРР. Від достовірності їх побудов залежить не тільки вибір методики розвідки, але й обґрунтування видів та об'ємів пошуково-розвідувальних робіт. Тому, розглядаючи особливості цих критеріїв при пошуках і розвідці аналізованих родовищ, необхідно відзначити, що у зв'язку зі складною будовою об'єктів вірогідність їх картування не завжди підтверджується даними буріння. З аналізу результатів ГРР випливає, що трансформація уявлень про будову об'єкта зумовлює необхідність коректування ходу пошуків і розвідки та об'ємів передбачених робіт [2, 5, 7]. Так, наприклад, на уявлення про будову, нафтогазоносність та розвідку Південнопанасівського родовища суттєво вплинув протяжний зворотний скид, що розділяє продуктивні візейські й серпуховські відклади родовища на дві ділянки. Зазначене тектонічне порушення спочатку взагалі не виділялося. Потім виявилось безамплітудним, а опісля було визначено незгідне падіння його площини скидача. Амплітуда порушення коливається від 100 до 200 м. Змінилися уявлення про інші порушення, що примикають до зворотного скиду. На Луценківській площі свердловина 5 закладалася в склепінних умовах відособленого Звидівського підняття. Фактично вона виявилася на схилі нижньокам'яновугільної пастки Луценківського родовища. Не підтвердилося субширотне підняття, на склепінні якого бурили свердловину 1 на Ярмолинцівському родовищі. Після відкриття Вишнівського родовища свердловиною 1 наступна свердловина 2 закладалася в оптимальних умовах. Але покладу газу, раніше виявленого свердловиною 1 у відкладах мо-

сковського ярусу, не зустріла й виявилася на глибокому зануренні північного крила підняття. Про необхідність змін структурних побудов свідчить і виявлене свердловиною 1 порушення (амплітудою 100–120 м), яке не картувалося на попередніх сейсмічних побудовах. Подібна трансформація геологічної будови простежується так чи інакше й на інших об'єктах, які перебувають у пошуковому й розвідувальному бурінні. Практично для більшості розглянутих родовищ регіону характерна складна будова нафтогазонасичених горизонтів продуктивних комплексів фанерозою. Виклинування пластів-колекторів, літологічне заміщення пісковиків щільними різновидами порід, наявність різноамплітудних скидів утруднює пошук і розвідку покладів нафти й газу [1, 5].

Мера статті. Уточнення моделей будови об'єктів – підвищення вірогідності цього критерію розвідки в процесі робіт на будь-якій стадії пошукового й розвідувального етапів – дає можливість оперативно впливати на виявлення та розвідку покладів ВВ, що в кінцевому підсумку позитивно позначається на результатах усього геологорозвідувального процесу на об'єкті, який вивчається. Так, модель будови Південнопанасівського родовища по продуктивному горизонту С-7, складена під час геологорозвідувальних робіт, дала змогу уточнити напрям розвідки покладів вуглеводнів у серпуховських відкладах. Позитивно вплинули уточнені геологічні моделі на пошук і розвідку покладів у відкладах московського ярусу на Вишнівському й Південнограківському родовищах, візейських горизонтів на Липоводолинському та інших родовищ.

Подібні приклади трапляються й на інших пошу-

ково-розвідувальних об'єктах. Відзначено свідчить про те, що моделі пошукового об'єкта й родовища загалом мають постійно уточнюватися (коригуватися) з урахуванням нових даних буріння й результатів геофізичних досліджень. У зв'язку з цим, з урахуванням досвіду робіт на Волошківському, Липоводолинському, Луценківському, Рудівському, Тростянецькому, Щурівському та інших родовищах, поточне моделювання пошукових і розвідувальних об'єктів має бути однією з діючих складових комплексу геологорозвідувальних робіт на нафту й газ. Своєчасне коректування робіт на основі уточненої геологічної моделі об'єкта сприяє підвищенню вірогідності цих важливих критеріїв під час виявлення й розвідки покладів ВВ на конкретних об'єктах регіону.

Зміст дослідження. Продуктивна площа, базисний горизонт розвідки й розвідувані запаси – це критерії, від яких залежать обсяги робіт для розвідки родовищ. Більшість розглянутих родовищ, хоча і є багатопокладовими й багатоконтурними, характеризуються невеликими запасами вуглеводнів. Тому ставлення до зазначених критеріїв особливе. Адже вони нерідко змінюються, а це у свою чергу впливає на геологічну й економічну ефективність пошуково-розвідувальних робіт. Так, у верхньовізейських відкладах Василівського родовища горизонт В-15 мав найбільшу площу нафтоносності й запаси, тому під час розвідки він був базисним об'єктом. Але, як показав аналіз, продуктивна площа горизонту, прийнята при підрахунку запасів за результатами свердловин 2 і 8, зменшилася більш ніж у 2 рази порівняно з визначеною за даними 11 пробурених свердловин. А це вплинуло й на остаточну оцінку запасів нафти ба-

зисного горизонту розвідки. Більш ніж у 2 рази виявилися завищеними проектні контури нафтогазоносності візейських відкладів на Ярмолинцівському родовищі. На Липоводолинській площі основні ресурси нижньокам'яновугільних відкладів пов'язувалися з Липоводолинською пасткою. Однак промислових припливів вуглеводнів у ній не виявлено. Проте в умовах Пеньківської пастки Липоводолинського родовища, де поклади горизонтів В-20н і В-26 є базисними об'єктами розвідки, продуктивна площа виявилася більшою, ніж проектна, а розвідані запаси візейських горизонтів у 2 рази перевищують проектну оцінку. Зменшення контуру нафтогазоносної площі в нижньовізейських і турнейських відкладах Краснозаярського родовища зумовило те, що його запаси зменшилися на 30 %. Базисними покладами розвідки є скупчення ВВ горизонтів В-26 і Т-1в. Через виклинування й літологічне заміщення візейських пластів-колекторів в окремих продуктивних горизонтах зменшення проектної продуктивної площі простежується на Луценківському, Свистунівському, Скоробагатьківському, Червонолуцькому та інших родовищах, а також на Савинківській, Золотихинській та інших продуктивних площах. Загалом же на родовищах і площах переважають випадки зменшення нафтогазоносної площі, що знижує очікуваний приріст запасів. І, як видно з вищевказаного, це пов'язане з різними чинниками, які необхідно враховувати під час розвідки нових родовищ.

Результати аналізу пошуково-розвідувальних робіт і наведені приклади свідчать про те, що основними критеріями розвідки є родовище та вірогідність

картування його геологічної моделі, модель покладу, який розвідується, продуктивна площа, визначення базисного покладу та розвідуваних запасів. Кожний із цих критеріїв має свої особливості, які впливають на розвідку родовища, ефективність геологорозвідувальних робіт та їх економічні показники.

Розгляд критеріїв розвідки й результати аналізу процесу пошуково-розвідувальних робіт на родовищах показують, що основним раціональним **методичним прийомом** вивчення нафтогазоносної площі є поступове розширення її охоплення, ідучи при цьому від продуктивних свердловин (свердловини), тобто застосування повзучо-розширювальної системи розвідки (Липоводолинське, Вишнівське, Краснозаярське, Піденнограківське, Іскрівське та ін. родовища). Вона деякою мірою стримує темп розвідки покладів вуглеводнів, але зате в певній мірі зменшує ймовірність закладення законтурних і малоінформативних свердловин на розвідувальному етапі.

Другою складовою частиною методики пошуків і розвідки є спосіб розміщення свердловин. Визначальним критерієм при цьому є геологічна модель об'єкта, який вивчається. Так, розвідка покладів, приурочених до антиклинальних пасток одно- і двосклепінних брахіантиклиналей, ефективно здійснюється розбурюванням поздовжнього профілю з можливим розміщенням окремих свердловин для оконтурювання покладів в умовах поперечного замикання пастки (поклади газу Пеньківської пастки на Липоводолинському родовищі). Розвідка складно побудованих родовищ, що складаються з окремих продуктивних блоків, потребує використання

свердловин для вивчення покладів кожного блока (Наріжниське, Вишнівське та інші родовища). Зважаючи на різноманітність морфології покладів, які вивчаються, свердловини можуть розміщатися, складаючи зигзаг-профіль або радіальний профіль, трикутником та ін.

Висновки та рекомендації. З усього вищевикладеного випливає, що серед загальних критеріїв розвідки геологічні критерії є основними. Від них багато в чому залежать критерії економічні. Раціональне використання їх на розвідувальному етапі робіт дає можливість удосконалювати методику розвідки й підвищувати ефективність геологорозвідувальних робіт. При цьому відзначимо, що через різні причини об'єми буріння й приріст запасів з кожним роком зменшуються. За таких умов проведення пошуково-розвідувальних робіт заслуговує на увагу питання вибору критеріїв оцінки ефективності геологорозвідувальних робіт.

Як відомо, для вирішення зазначеного питання застосовують різні підходи. Не зупиняючись на розгляді існуючих варіантів, відзначимо, що приймати як критерій вартість 1 м буріння, зважаючи на інфляційні процеси, напевно чи виправдано. До того ж, зіставлення цін не завжди буде відповідати рівнозначній вартості складових частин і видів виконаних робіт. Безумовно, реальнішим та об'єктивнішим може бути отриманий приріст запасів вуглеводнів, що акумулює в собі результати наукових, виробничих, фінансових та технічних витрат. Але й тут є кілька варіантів. Серед них найпоширенішим у практиці геологорозвідувальних робіт є приріст запасів на 1 м проходки й на свердловину. У наших умовах для оцінки геологічної ефек-

тивності робіт рекомендуємо за основний критерій приймати приріст запасів на свердловину, закінчену будівництвом. Це дає реальне уявлення про геологічну ефективність робіт, оскільки цей критерій є емним за змістом і пов'язаний з роботами на стадіях пошукового й розвідувального етапів, результати яких у геологорозвідувальних процесах на нафту й газ є визначальними. При коливанні приросту запасів на свердловину від 385,3 до 759,7 тис. т середній приріст на одну закінчену будівництвом свердловину на розглянутих родовищах Дніпровсько-Донецької западини становив 588,02 тис. т умовного палива. Цей середній приріст пропонуємо враховувати під час обґрунтування числа проектних свердловин, що забезпечують рентабельність робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барановская Н. Я., Витенко В. А., Головацкий И. Н. Районирование Днепровско-Донецкой впадины по условиям разведки месторождений нефти и газа//Методика геологоразведочных работ на нефть и газ и пути повышения их эффективности: Сб. научных тр. – Львов: УкрНИГРИ, 1985. – С. 5–15.
2. Габриелянц Г. А., Пороскун В. И., Сорокин Ю. В. Методика поисков и разведки залежей нефти и газа. – М.: Недра, 1985. – 303 с.
3. Демьяненко И. И. Классификация ловушек углеводородов Днепровско-Донецкой впадины//Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. – Львов: Свет, 1990. – Вып. 30. – С. 16–18.
4. Дем'яненко І. І. Гіпсометричні поверхні нафтогазоносності фанерозою Дніпровсько-Донецької западини. – Чернігів: ЦНТИ, 2001. – 156 с.
5. Дем'яненко І. І. Проблеми і оптимізація нафтогазопишукових і розвідувальних робіт на об'єктах Дніпровсько-Донецької западини. – Чернігів: ЦНТИ, 2004. – 220 с.
6. Этапы и стадии геологорозведочных работ на нефть и газ. Галузевий стандарт України (ГСТУ 41-00032626-00-011-99). – Київ, 1999. – 18 с.

7. Методическое руководство по определению оптимального количества и размещению скважин при поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений УССР/А. М. Палий, В. Г. Демьянчук, В. В. Крот и др. – Львов: УкрНИГРИ, 1982. – 36 с.

REFERENCES

1. Baranovskaya N. V., Vitenko V. A., Golovatskiy I. N. Zoning Dnieper-Donets depression in terms of exploration oil and gas deposits//Metodika geologorazvedochnykh rabot na nef't i puti povysheniya ih effektivnosti. Collection of scientific works. – Lvov: UkrNIGRI, 1985. – P. 5–15. (In Russian).
2. Gabrielyants G. A., Poroskun V. I., Sorokin Yu. V. The methods of prospecting and exploration for oil and gas pools. – Moskva: Nedra, 1985. – 303 p. (In Russian).
3. Demyanenko I. I. Classification of hydrocarbon traps of the Dnieper-Donets depression//Razvedka i razrabotka nef'tyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. – Lvov: Svit, 1990. – Issue 30. – P. 16–18. (In Russian).
4. Demyanenko I. I. Hypsometric levels of oil and gas content of Dnieper-Donets depression Phanerozoic. – Chernigiv: TsNTI, 2001. – 156 p. (In Ukrainian).
5. Demyanenko I. I. The problems and optimization of prospecting and exploration works for oil and gas objects on Dnieper-Donets depression. – Chernigiv: TsNTI, 2004. 220 p. (In Ukrainian).
6. Stages and phases of exploration works for oil and gas. Industrial standard of Ukraine (GSTU 41-00032626-00-011-99) [Etapy i stadiyi geologorozviduvalnykh robit na naftu i gaz. Galuzevyi standart Ukrainy (GSTU 41-00032626-00-011-99)]. – Kyiv, 1999. – 18 p. (In Ukrainian).
7. Methodological tool for the wells optimal number and placement determination while prospecting and exploration of oil and gas deposits UkrSSR/A. M. Paliy, V. G. Demyanchuk, V. V. Krot i dr. – Lvov: UkrNIGRI, 1982. – 36 p. (In Russian).

Рукопис отримано 28.05.2014.

РЕЦЕНЗІЯ НА НАУКОВЕ ВИДАННЯ РУДЬКА Г. І., БАЛИ Г. Р. “ОСНОВНІ БІОСТРАТИ- ГРАФІЧНІ ЕТАПИ ІСТОРІЇ ЗЕМЛІ. СЦЕНАРІЇ ТЕХНОГЕНУ”

За редакцією відомого вітчизняного науковця в галузі природничих наук Г. І. Рудька в співавторстві з Г. Р. Балою вийшла з друку монографія “Основні біостратиграфічні етапи історії Землі. Сценарії техногену”.

Кожного разу, відкриваючи нову книгу Г. І. Рудька, в мене виникає питання: “Чим ще може здивувати й порадувати читача-колегу доктор геолого-мінералогічних, географічних, технічних наук, професор Григорій Ількович Рудько зі співавторами?” Бо ознайомившись з попередніми науковими виданнями Г. І. Рудька, де він відкриває й ґрунтовно висвітлює проблеми нових наукових напрямів – медична геологія, екологічна геологія, геоекологія, землелогія та інших відчуваєш нестримний потяг якнайшвидше ознайомитися з новим виданням у галузі природничих наук.

Автори цієї книги поставили питання про рівень нашого пізнання, а точніше кажучи, непізнання предмета, присвяченого дослідженню біостратиграфічних етапів в історії Землі та можливим сценаріям техногену.

Перед читачем постає питання: за яким сценарієм буде розвиватися людство, його роль та місце як природного феномена у взаємодії з біосферою.

Автори не вичерпують усю складність проблеми комфортного розвитку людства, але їх дослідження да-

ють можливість отримати результати, цілком придатні для самостійної інтерпретації та вибору читачем індивідуального стилю поведінки у взаємодії “Homo sapiens” з довкіллям.

Соціальні закономірності розвитку людства не “відміняють” дії біологічних закономірностей. Тому їх необхідно досліджувати для того, щоб уникнути теоретичної однобічності й практичної шкоди, яку ми завдаємо самі собі, ігноруючи або свідомо заперечуючи нашу підпорядкованість не тільки соціальним, але й більш загальним закономірностям розвитку.

Якими б не були досягнення в технічному, технологічному та інформаційному розвитку, але все необхідне для підтримки життя люди отримують з природного середовища, що їх оточує, в умовах тісної з ним взаємодії.

Людство – це верхня завершення ланка біоценозу регіону, який воно займає.

Для людини та всіх інших живих організмів загальною є потреба в обміні із середовищем речовиною та енергією. На відміну від живих істот, людству як біологічній істоті, а насамперед соціальній одиниці, для існування (бажано комфортного) й розвитку в гармонічному поєднанні з довкіллям потрібно своєю фізичною та розумовою працею створювати відповідні умови.

Автори цього видання в процесі аналізу станов-

лення й розвитку людини як природного феномена – свідомого існування живої істоти – використовують увесь інформаційний архів історичних подій. Тому, відкриваючи цю книгу, вже з перших сторінок прочитаного з'являється відчуття необхідності розширення власної інформаційної бази знань у цьому напрямку наукових досліджень. Із перших сторінок книга захоплює глибиною історичного екскурсу у висвітленні лабіринту часто суперечливих думок та аргументів різних авторів, які присвятили публікації цьому питанню. Автори видання зберігають при цьому свою чітко визначену позицію щодо необхідності та можливостей уникнення деградації та забезпечення сталого розвитку людства за сценарієм техногену XXI століття.

Проаналізовані авторами закономірності еволюційних процесів способом зіставлення особливостей розвитку людини та суспільства з розвитком і зародженням життя на Землі (чергування гомеостазів і біфуркацій – катастроф з ускладненнями та прискоренням і збереженням механізмів успадкованості від попередніх фаз на шляху цілеспрямованої еволюції) створюють базу для науково обґрунтованого висновку щодо неминучих ускладнень на всіх ступенях переходу “*Homo sapiens*” на вищі інформаційно-енергетичні рівні.

Особливо важливими вбачаються охарактеризований техноген та сценарії розвитку людства як невід'ємна частина геологічного середовища, біосфери зокрема.

Проблему взаємовідношень людства з природним середовищем автори висвітлюють досить повно. Глибоко обґрунтовані наукові пояснення причин безповоротних негативних пере-

творень у природі, пов'язаних з діяльністю і наслідками втручання людини, закликають нас до притаманного людині розумно виваженого ставлення для забезпечення комфортних і гармонійних з природним середовищем умов свого існування.

Вдумливе прочитання наукового видання Г. І. Рудька та Г. Р. Бала спонукає читача пам'ятати й скеровувати свою діяльність відповідно до епіграфа Л. Гумільова до своєї книги “Етногенез і біосфера Землі” (Л. Н. Гумилёв. Москва: Айрис-пресс, 2006. 500 с.: с ил.): **“Изменение законов Природы вне людских возможностей хотя бы потому, что сами люди – часть Природы. Но знание законов Природы, в том числе законов этногенеза, очень полезно, ибо позволяет избежать многих бед”**.

Завідувач відділу геології вугільних родовищ ІГН НАН України, доктор геологічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки М. Євдошук

УДК 550.7

Г. І. Рудько, д-р геол.-мінерал. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук, професор, голова Державної комісії України по запасах корисних копалин, office@dkz.gov.ua

ОСНОВИ БІОГЕОЛОГІЇ: ВІД АРХЕЮ ДО ТЕХНОГЕНУ

Розглянута біогеологічна історія Землі як процес безперервної трансформації і постійної адаптації від первинних форм життя до її сучасного стану.

Розвиток життя на Землі відбувався за умови змін геологічних процесів, хімічного складу атмосфери і водного середовища, в періоди між глобальними катастрофами. У результаті більш ніж за 3,8 млрд років сформувалася антропогенна система “людина – геологічне і суміжне середовище”, яка трансформувала біосферу згідно з потребами людини, створивши прецедент невідповідності потреб людства і ресурсів біосфери.

Визначено основні сценарії розвитку людини і біосфери внаслідок техногену. Досліджено сценарії ходу техногену і роль людини в умовах інтенсивної трансформації біосфери за рахунок техногенної діяльності.

Biogeological history of the Earth was considered as a process of continuous transformation and permanent adaptation from original forms of life to its current state.

The development of life on Earth arose under the conditions of changes in geological processes, chemical composition of the atmosphere and the aquatic environment during the periods between global catastrophes. As a result, more than 3,8 billion years were needed to form anthropogenic system “man – geological and adjacent environment”, which transformed the biosphere according to human needs, creating a precedent of inconsistency between human needs and biosphere resources.

The main scenarios of human and biosphere development were determined in the result of technogene. Scenarios of technogene progress and human role under conditions of intense transformation of the biosphere due to anthropogenic activities were investigated as well.

Сьогодні людство опинилося в ситуації, коли протиріччя між його потребами та наявними ресурсами біосфери досягли критичної межі. Зважаючи на результати останніх досліджень, потрібні нові підходи до виходу з цього стану. Автор розглянув сучасну теорію зародження й розвитку життя на Землі, формування атмосфери і водного балансу планети.

Найдавніші з відомих мінералів мають вік 4,2 млрд років, а вік найдавніших порід, в яких знайдено вуглець органічного походження – близько 3,8 млрд років. Перші вірогідні сліди життя з'явилися на Землі одночасно з першими вірогідними слідами води [1].

Донедавна вважали, що виникненню життя на Землі передувала дуже тривала (мільярди років) хімічна еволюція, що включала спонтанний синтез і полімеризацію органічних молекул, сполучення їх у складні системи – попередники клітин, поступове становлення обмінних речовин тощо. Основною гіпотезою походження життя на Землі була гіпотеза абіогенезу: перші біологічні системи утворилися з неорганічної матерії, з'явилися перші клітини (прокаріоти) і лише після їх появи почався інтенсивний процес біологічної еволюції. Можливість перебігу абіогенного синтезу органічних мономерів в умовах, що моделюють атмосферу древньої Землі, доведена ще в 1950-х роках у багатьох лабораторіях світу,

починаючи з дослідів С. Міллера і Г. Юри. Однак шлях від простих органічних молекул до найпростіших живих клітин, здатних до розмноження і з апаратом спадковості, вважали дуже довгим.

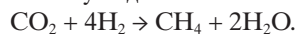
Із розвитком нових методів дослідження органічних решток, що містяться в архейських і протерозойських породах, а також решток мікроскопічних клітинних структур ця думка кардинально змінилася. Одним із найдивовижніших палеонтологічних відкриттів останніх десятиліть є реєстрація слідів життя навіть у найдревніших породах земної кори. Отже, поява протожиття на Землі була майже миттєвою подією, еволюція від органічних сполук до живих клітин відбулася в дуже стислі терміни, на самому початку історії Землі (рис. 1). Нині висунуто припущення, що життя на Землі існує стільки ж часу, скільки й сама наша планета.

На сьогодні теорія панспермії є однією з найбільш обговорюваних теорій походження життя на Землі. Згідно з нею, розсіяні в космосі зародки життя (наприклад, спори мікроорганізмів) переносяться з одного небесного тіла на інше метеоритами або під дією тиску світла, тобто первинна жива матерія має космічне походження. Про це свідчать виявлені в метеоритах органічні сполуки фосилізованих примітивних організмів. Російські дослідники знайшли у вуглистих хондритах (метеоритах) фосилізовані ціанобактерії і, можливо, недосконалі гриби, американські фахівці – сліди бактерій в уламках порід із Марса, а група вчених з Університету Кардіфф у нещодавно ідентифікувала в уламках метеорита, що впав наприкінці 2012 р. на територію Шрі-Ланки, фосилізовані рештки діатомових водоростей [8, 15] (рис. 2).

Теорії виникнення життя на Землі не роз'яснювали питання щодо виникнення кліти-

ни. Досі немає майже жодної гіпотези, яка б правдоподібно описувала походження прокариотів. В останні десятиліття розроблено спеціальні методи обробки осадових гірських порід, що дають змогу виділяти клітинні оболонки, які містяться в них, а в деяких випадках навіть отримувати непряму інформацію про внутрішню будову цих клітин. У докембрійських породах виявлено безліч одноклітинних організмів; найдавніші з них знайдені в місцезнаходженнях Варравуна (Австралія) та Онфервахт (Південна Африка), їх вік відповідно 3,5 і 3,4 млрд років. Це кілька видів ціанобактерій (синьозелених водоростей), які майже не відрізняються від сучасних. Отже, в ранньому докембрії існував особливий світ, що формувався прокариотними організмами: бактеріями і ціанобактеріями.

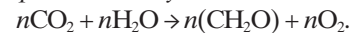
Найдавніші прокариоти швидше за все були хемоавтотрофами. Вони прилаштувалися до якої-небудь хімічної реакції, яка відбувалася з виділенням енергії і без їх участі, сама по собі, тільки повільно. За допомогою відповідного ферменту вони починали каталізувати цю реакцію, багаторазово пришвидшуючи її. Наприклад, найдавніші прокариоти за механізмом *аноксигенного фотосинтезу* відновлювали вуглекислий газ до метану воднем



У результаті такої діяльності в біосфері почали утво-

рюватися надлишки метану і сульфатів. З'явилися симбіотичні мікробні угруповання, здатні окиснювати метан за допомогою сульфатів. Унаслідок цього знову утворювалися вуглекислий газ і сірководень, які зазнавали подальших змін. Незамкнені біогеохімічні цикли почали замикатися, біосфера набувала стійкості і здатності до саморегуляції [3].

Пізніше (близько 2,9 млрд років тому) з'явилися ціанобактерії сучасного вигляду, які містили хлорофіл і були здатними до *оксигенного фотосинтезу*:



Як джерело електронів вони використовували воду.

Крім цього, ціанобактерії (як і багато інших прокариотів) здатні фіксувати атмосферний азот (при цьому

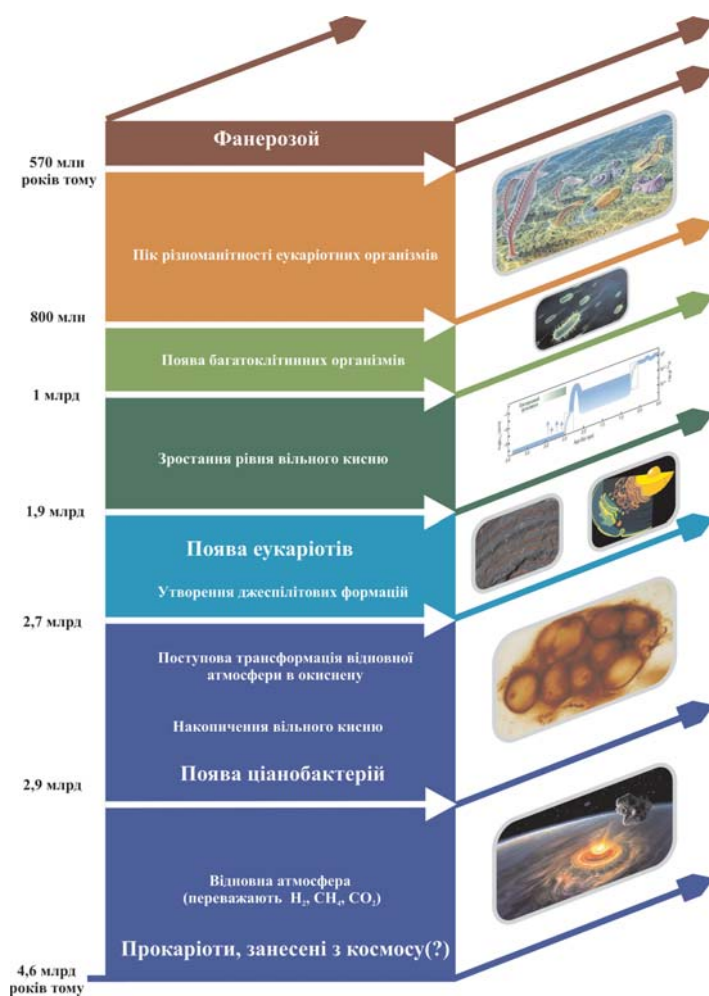


Рис. 1. Основні етапи формування та розвитку біосфери докембрію

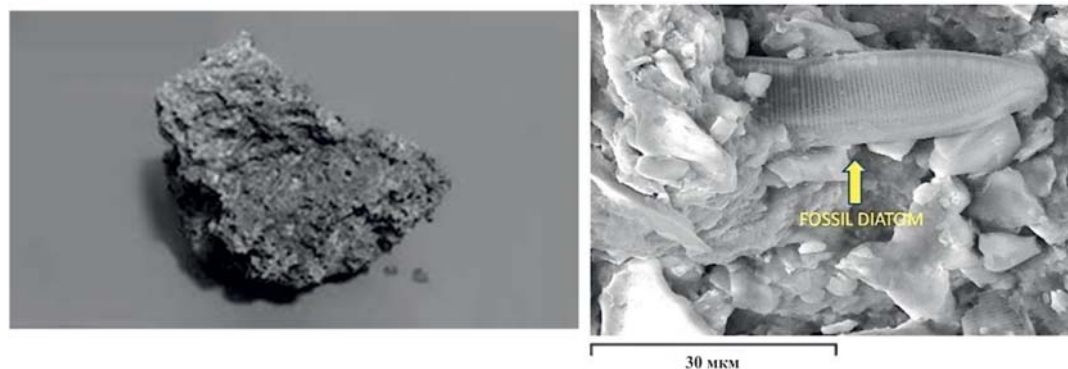
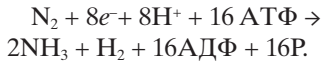


Рис. 2. Уламок метеорита, знайденого на о. Шрі-Ланка (а), та виявлені під мікроскопом сліди древніх діатомових водоростей (б) [15]

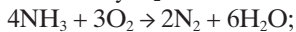
розривається дуже міцний зв'язок між двома атомами азоту в його молекулі й утворюються сполуки азоту, доступні для використання іншими живими організмами):



Після появи ціанобактерій прокариоти на нашій планеті панували 1,5–2 млрд років. Мікроорганізми ставали дедалі численнішими і різноманітнішими.

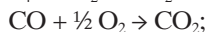
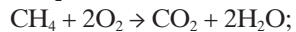
Древні ціанобактерії перетворили ранню відновлювальну атмосферу на кисневу, зв'язавши велику кількість CO₂ у карбонати у вигляді шаруватих вапнякових відкладень – строматолітів із виділенням O₂ як продукту фотосинтезу, який поступово насичував атмосферу.

У відновному середовищі кисень, що виділявся ціанобактеріями, спочатку витрачався на окиснення різноманітних сполук і не накопичувався у вільному стані в атмосфері. При цьому аміак NH₃ окиснювався до молекулярного азоту N₂:

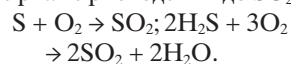


метан та оксид вуглецю

– до CO₂:



сірка і сірководень – до SO₂:



Приблизно 2 млрд років тому вміст кисню досяг 1 % сучасного, що вважається початком атмосфери нового, аеробного типу. Саме ці події уможливили розвиток еволюції у відомому нам напрямі.

Ця теорія є процесом формування сучасного життя. Так почалась глобальна перебудова біосфери, яка ознаменувала процес розвитку кисневої атмосфери.

Чи можливий такий механізм на інших планетах “земного” типу? Безсумнівно.

Для анаеробних організмів збільшення концентрації кисню було катастрофою, оскільки кисень дуже агресивний елемент, він швидко

окиснює і руйнує органічні сполуки. Якщо в анаеробній біосфері, в товщі строматолітів залишалися аеробні кишеньки, звідки накопичений у результаті фотосинтезу кисень просочувався в атмосферу, то тепер, коли біосфера перетворилася на кисневу, анаеробні мікроорганізми знайшли притулок у нечисленних безкисневих кишнях. У новій аеробній атмосфері могли жити тільки ті прокариоти, які раніше в товщі строматолітів пристосувалися до високої концентрації кисню.

Хемосфера боролася із цим отруєнням окисненням двовалентного заліза, яке безперервно надходило в океан із магматичними вилівами, до тривалентного, яке майже не розчинялось у воді й тому випадало в осад разом із карбонатами у формі кременисто-залізистих сезоннострічкових (океан був холодним) мулів. Після метаморфізму з цих мулів утворилася характерна для фотогену порода – джеспіліти. Відклади джеспілітів (залізистих кварцитів) є на території України в Криворізькому залізрудному басейні.

Згодом сформувався озоновий шар, який екранував поверхню Землі від потрапляння на неї смертельного ультрафіолету й уможливив розвиток більш високоорганізованої форми життя – еукаріотів. Першим наслідком передрифейської екологічної кризи була масова загибель прокариотів у морях, рештки яких представлені в надрах протерозойськими нафтою, газом, графітом. Цей процес характеризує перспективність докембрію щодо родющості вуглеводневої сировини.

Крім бентосних прокариотних екосистем, представлених строматолітовими матами, весь цей час існували і планктонні, що склалися зі сферичних одноклітинних водоростей – акритарх і кулястих колоній. Вважають, що саме в таких екосистемах у

середині протерозою (близько 1,9–2 млрд років тому) з'явилися перші еукаріоти.

Пік різноманітності еукаріотних організмів у докембрії припав на інтервал 900–800 млн років тому. На тлі зростаючого розмаїття мікроорганізмів збільшувались і їх розміри [9]. З'явившись майже 2 млрд років тому, вони протягом майже мільярда років не відігравали помітної ролі в екосистемах, а все розмаїття цих організмів обмежувалось фітопланктонними формами – акритархами.

Близько 1 млрд років тому, наприкінці протерозойської ери, в еволюції еукаріотів стався “великий вибух”: склалися умови, сприятливі для появи більших і різноманітніших організмів. З'явилися багатоклітинні, здатні до статевого розмноження (в Китаї знайдено викопні зародки віком 600 млн років). Раніше вважали, що саме розвиток функції статевого розмноження з обміном генетичного матеріалу спричинив таке розмаїття. Однак нині це припущення спростоване, оскільки бактерії теж обмінюються генетичним матеріалом. Можливо, причиною була здатність багатоклітинних до зростання, хоча деякі їх клітини вже виконували певні функції.

Еукаріоти створили важливу передумову для зародження в рифей (пізньому протерозої) багатоклітинних рослин і тварин. Отже, надзвичайно тривала ера панування бактерій і синьозелених водоростей, які досягли у водах стародавніх океанів значного розмаїття форм і кольорів протягом пізнього рифею (1 000–570 млн років тому), завершилась появою багатоклітинних водяних еукаріотів.

З появою клітинного ядра еукаріоти отримали здатність розвивати складні механізми модифікаційної мінливості. Саме це дало одноклітинним еукаріотам можливість розвинути, по-перше, складні

життєві цикли і статеве розмноження, по-друге – багатоклітинність [6].

У венді сталася ще одна радикальна перебудова життя на Землі: швидке підвищення парціального тиску кисню спричинило вибух виникнення нових форм життя на Землі. Відмінною ознакою всієї вендської біоти є відсутність скелета. У тих організмів не міг сформуватись потужний мінеральний скелет з двох причин: низька ефективність ферментів, відповідальних за біомінералізацію, через низькі температури; висока розчинність карбонату (в холодних водах він складніше концентрується і зберігається).

Тварини досягали великих розмірів, деякі – до 1 м, але мали желеподібні чи драглеподібні тіла, що залишили відбитки на м'яких ґрунтах. Добра і масова збереженість таких відбитків побічно свідчить про відсутність трупоїдів і великих хижаків у вендських біоценозах.

На самому початку кембрійського періоду – близько 542 млн років тому – у великій групі тварин майже одночасно з'явився твердий мінералізований скелет (рис. 3). Оскільки у викопному стані зазвичай зберігаються саме такі скелети, а м'які частини безслідно зникають, ця подія в палеонтологічному літописі виглядає як раптова поява багатьох груп тварин, названа вченими кембрійським вибухом (рис. 4).

У вендських тварин не було великих мінералізованих скелетних утворень, а тільки щільні органічні конгломерати з подібними функціями, зокрема спинні щитки, раковини, зубоподібні вирости, спікули і склерити. Відсутність активної біомінералізації (особливо відкладання карбонату) визначалась умовами холодних вод, в яких відкладання карбонатів ускладнене (потребує великих затрат енергії).

Збільшення вмісту вуглекислого газу призвело до



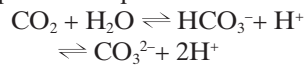
Рис. 3. Стародавній кораловий риф, утворений рештками перших організмів з мінеральним скелетом (Намібія, Південна Африка) [14]

зниження рН морської води. У результаті утворення мінералізованих скелетів у планктонних організмів ускладнилось. Високою концентрацією вуглекислого газу в атмосфері можна пояснити відсутність кальцифікованих викопних скелетів у протерозої. Низька температура під час неопротерозойських зледенінь також пригнічувала біомінералізацію.

У найдавніших організмів у ході еволюції формувалася силіцевий скелет (діатомеї, радіолярії). Поступово силіцій витіснявся активнішим елементом – кальцієм. В організмах з'явився силіцієво-кальцієвий скелет, а в найбільш розвинених в еволюційному плані – кальцієвий.

Згодом з'ясувалось, що предки багатьох кембрійських груп тварин жили й раніше, але оскільки вони були м'якотілими їх решток майже не залишилось у докембрійських породах. Тому загадка кембрійського вибуху швидше лежить у площині виявлення причин одночасної появи мінерального скелета в багатьох типів тварин. Це пов'язують зі зміною умов середовища, зокрема з різким зменшенням кислотності води, в результаті чого карбонат кальцію (CaCO_3) як найпоширеніший скелетотворювальний матеріал став менш розчинним у морській воді і легше випадав в осад.

З реакції карбонат-гідрокарбонатної рівноваги



впливає, що рН середовища залежить від доступного Ca^{2+} : доки він не витрачений, надлишковий вуглекислий газ надходить у карбонати і рН не підвищується. Водночас, доки є CaCO_3 , рН не знижується, оскільки карбонати розчиняються. Склад розчину залежав від співвідношення Ca і Na у вивержених породах. Особливо посилювалось вилуження підземними водами подрібнених вулканічних продуктів, що нерідко поєднувалось з підвищеною температурою в зонах рифтогенезу.

Разом з тим за звичайних умов вуглекислотне вилуження є досить повільним процесом, який пришвидшується під впливом біоти в 10–100 разів. Отже, в нейтральному середовищі розвиток живих організмів пов'язаний з наявністю в ньому кальцію.

Одночасну масову появу скелетів (карбонатних, фосфатних і силіцевих) у багатоклітинних тварин на початку кембрію можна пояснити або потеплінням, або колонізацією тваринами низьких широт.

Іншим чинником могло бути збільшення біорізноманіття і пов'язане з ним подовження трофічних ланцюгів. Концентрація іонів (особливо кальцію, магнію, фосфору і силіцію) зростала експоненці-

ально по трофічному ланцюгу. Виникла потреба їх виведення або детоксикації. У частини безхребетних з'явилася можливість будувати мінеральний скелет унаслідок детоксикації в умовах тепловодних місць існування, де розчинність низьки біомінералів нижча, а ефективність відповідальних за мінералізацію ферментів вища, ніж у холодних водах. Можливо, тварини не могли колонізувати тепловодні місця доти, доки достатньою мірою не підвищився рівень кисню. У теплій воді кисню розчиняється менше. Відомо, що еукаріоти гірше перено-

сять перегрів, ніж прокаріоти і найпростіші, що може бути пов'язано з їх підвищеною потребою в кисні.

Проте для утворення карбонатних скелетів тваринам недостатньо було одних лише сприятливих умов середовища. Потрібні були спеціальні гени і ферменти, за допомогою яких тварини могли б контролювати утворення і зростання кристалів карбонату кальцію в потрібних місцях і потрібній кількості.

Найважливішу роль в утворенні карбонатних скелетів у тварин відіграє фермент карбонангідраза [5], яка приблизно

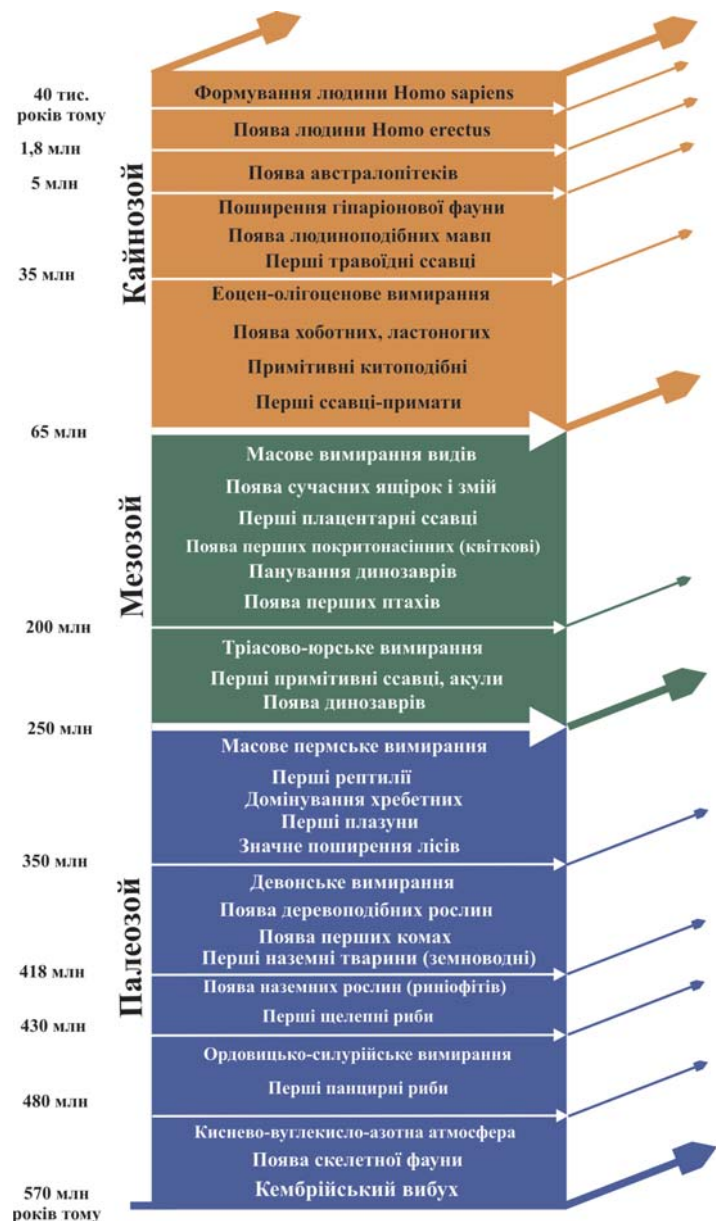
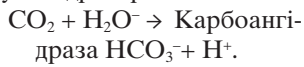


Рис. 4. Основні етапи формування та розвитку біосфери фанерозою

в мільйон разів пришвидшує реакцію перетворення розчиненого у воді вуглекислого газу на гідрокарбонат



Карбоангідраза значно поширена в живому світі, зокрема й у прокариотів. Крім біомінералізації, вона бере участь у виконанні безлічі інших функцій (регуляція рН, транспорт іонів, виведення CO_2 з тканин та ін.).

У результаті утворення у тварин скелетів у кембрії виникли нові способи існування в межах морського мілководдя. Губки отримали можливість фільтрувати бактерії, трилобіти – закопуватися в донні відклади, молюски – повзати по поверхні морського дна. Брахіоподи, моховатки і голкошкіри змогли підійматися вертикально з води, триматися над її поверхнею й ефективніше фільтрувати воду з мікроорганізмами для отримання їжі. Без твердих частин тіла подібний спосіб життя був би неможливий або принаймні менш продуктивний. На думку американського вченого Д. Е. Хатчінсона, поява в живих організмів на початку фанерозою скелетів, здатних до фосилізації, відображає в основному виникнення хижацтва. До того часу біосфера загалом була мирним царством, в якому захисні панцири були непотрібні.

У кембрійський період на Землі існували величезні ділянки, зайняті континентальним шельфом або материковими мілинами. Тут створилися ідеальні умови для життя: дно, вкрите шаром м'якого мулу, і тепла вода. До того часу в атмосфері містилося багато кисню, хоча його було менше, ніж сьогодні.

Протягом фанерозою відбувалися значні перебудови (біотичні події), що зафіксовано змінами розмаїття організмів. Масово з'являлися нові групи організмів високого таксономічного рангу та вимирали старі.

Тривалий час глобальні катастрофи, які могли впливати на еволюцію земного життя, мало цікавили вчених. Геологам і палеонтологам важливіше було зрозуміти поступальну і безперервну зміну видів. Лише нещодавно, в середині ХХ століття, коли визначили, що масові вимирання за часом збігаються з катастрофічними подіями, такими як спалахи вулканізму і падіння метеоритів, їх почали вивчати цілеспрямовано.

Уперше про катастрофи, які відбувалися на Землі в минулому, заговорив на початку ХІХ ст. французький натураліст Жорж Кюв'є. Учений звернув увагу на те, що в землі горизонти, багаті на рештки доісторичних тварин, чергуються з горизонтами, бідними на ці знахідки. При цьому Ж. Кюв'є виявив, що в кожному новому багатому на кістки шарі рештки належали тваринам інших різновидів, а не тим, що були знайдені в попередньому і наступному шарах, тобто не тим, які мешкали на Землі раніше чи пізніше, звісно, в геологічному масштабі часу.

Киснева катастрофа – одна з найважливіших подій в історії Землі, саме внаслідок неї в атмосфері нашої планети з'явився кисень, без якого ми не можемо жити. Ця важлива екологічна подія сталася приблизно 2,5 млрд років тому.

Формування кисневої атмосфери є визначальною подією, яка пояснює механізм трансформації біосфери від прокариотів, які дихали азотом, метаном тощо, а виділяли кисень, до вищих, організованіших форм життя, які використовують кисень для життєзабезпечення.

Хід подальшого розвитку життя значною мірою залежав від геологічних процесів, які коригували напрям розвитку біоти. Не варто відкидати й поступального руху з удосконалення умов самоорганізації живої матерії.

Отже епоха прокариотів, яка зумовила формування

кисневої атмосфери, призвела їх до загибелі, створивши якісно нову платформу для життя – розвитку еукаріотів, енергетика життя яких базувалась на процесі дихання.

Кембрійський вибух – раптова (в геологічному сенсі) поява в ранньокембрійських (близько 540 млн років тому) відкладах скам'янілостей представників багатьох підрозділів тваринного царства на тлі відсутності їх скам'янілостей або скам'янілостей їх предків у докембрійських відкладах.

Ордовик-силурійське вимирання – масове вимирання на межі ордовіцького і силурійського періодів – близько 450–440 млн років тому: третє за кількістю вимерлих родів із п'яти найбільших вимирань в історії Землі і друге – за втратами кількості живих організмів.

Нині ордовик-силурійське вимирання інтенсивно вивчають. Хронологія відповідає початку й закінченню найтяжчих льодовикових періодів фанерозою, які ознаменувалися наприкінці тривалим похолоданням у верхньому ордовіку. Це згубно позначилось на фауні кінця ордовіку, для якого був характерний типово парниковий клімат. Цьому передувало зменшення вмісту в атмосфері вуглекислого газу, яке вибірково торкнулося організмів, які жили в мілководних морях. Льодовики утримували воду, в міжльодовиковий період – вивільняли її, з цієї причини рівень Світового океану істотно коливався кілька разів. Рівень великих мілководних внутрішньоконтинентальних морів ордовіку підіймався, руйнувалися біологічні ніші, потім він знову повертався в колишній стан, при цьому зменшувалися популяції, часто зникали цілі родини організмів. Загибло більш як 60 % морських безхребетних, включаючи дві третини всіх родин брахіопод і моховаток. Дані про зледеніння знайдено у відкладах у пустелі Сахара.

Девонське вимирання – масове вимирання видів наприкінці девону, одне з найбільших в історії Землі вимирань флори і фауни. Перший (і найсильніший) пік вимирання приурочений до початку фаменського ярусу – останнього ярусу девонського періоду, близько 374 млн років тому, коли несподівано зникли майже всі безщелепні. Другий імпульс завершив девонський період (близько 359 млн років тому). Усього вимерло 19 % родин і 50 % родів. Причини цього поки що не з'ясовані. Основна теорія припускає, що головною причиною вимирання в океанах стали зміни рівня океану і зниження рівня кисню в океанічних водах. Імовірно активатором цих подій було глобальне похолодання або обширний океанічний вулканізм, хоча падіння позаземного тіла, такого як комета, теж цілком можливе.

Масове пермське вимирання або перм-тріасове (P–Tr) вимирання (неформально відоме як “велике вимирання” або “найбільше масове вимирання всіх часів”) – одне з п'яти масових вимирань стало межею, що розділяє пермський і тріасовий періоди, тобто палеозой і мезозой, приблизно 251,4 млн років тому. Це одна з найбільших катастроф біосфери в історії Землі, яка призвела до вимирання 96 % усіх морських видів і 70 % наземних видів хребетних. Катастрофа стала єдиним відомим масовим вимиранням комах, коли вимерло близько 57 % родів і 83 % видів усього їх класу. Через втрати такої кількості та розмаїття біологічних видів відновлення біосфери тривало набагато довше, ніж після інших катастроф, які призводили до вимирання. Моделі, за якими воно відбувалося, обговорюються.

Найпоширенішою є гіпотеза, згідно з якою причиною катастрофи став вилив трапів (спочатку порівняно невеликих емейшанських близько

260 млн років тому, потім колосальних сибірських – трапів 251 млн років тому).

Тріас-юрське вимирання, що є межею між тріасовим та юрським періодами (200 млн років тому) – одне з найбільших вимирань мезозойської ери, що глибоко торкнулося життя на Землі. Цілий клас конодонтів, які становили 20 % усіх морських родин, усі значно поширені нединозавроподібні архозаври, багато видів земноводних зникли повністю. Щонайменше половина відомих нині видів, що жили на Землі в той час, вимерли. Через цю подію вивільнились екологічні ніші і з юрського періоду почали домінувати динозаври. Тріасове вимирання відбулося менше ніж за 10 000 років безпосередньо перед тим, як Пангея почала розпадатися на частини.

Крейда-палеогенове вимирання (близько 65 млн років тому) охарактеризувалося новим масовим вимиранням видів: зникло близько 40 % усіх існуючих на той час родин тварин. Зникли птерозаври, амоніти, мозазаври, але головними жертвами цієї катастрофи були, звісно ж, динозаври. Причина такого вимирання до сьогодні залишається нез'ясованою.

Стосовно цього питання існують дві, істотно полярні гіпотези. За однією з них, більш високоорганізовані групи витіснили і знищили менш організованих. Друга гіпотеза на чільне місце виводить катастрофічні процеси, зокрема падіння метеоритів. Це могло спричинити різку зміну температури повітря і води, змінити склад атмосфери, рівень сонячної радіації тощо.

Еоцен-олігоценове вимирання (відоме також щодо європейської фауни як Великий перелом (франц. “Grande Coupure”)) – значні зміни в складі морської і наземної флори і фауни – розпочалося наприкінці еоцену – початку олігоцену близько $33,9 \pm$

0,1 млн років тому. Значно поступалося за масштабністю п'яти найбільшим масовим вимиранням в історії Землі. В океанах це вимирання було вельми розтягнутим у часі й тривало приблизно 4 млн років (кінець – пізній еоцен). Сумарне вимирання морських тварин оцінено в 3,2 %, що в кілька разів перевищувало фоновий показник 0,66 %. Більш як половину вимираючих родин наприкінці еоцену становили форамініфери та морські їжаки. На рівні родів помітно вимірав (близько 15 %) морський бентос. З окремих видів можна виділити зникнення в цей період древніх китоподібних.

Існує кілька гіпотез, що пояснюють причини вимирання, проте єдиної думки серед палеонтологів з цього питання немає. Обґрунтованими і досить вивченими гіпотезами є:

– *зіткнення Землі з астероїдами;*

– *виверження супервулканів;*

– *зміна клімату на межі переходу еоцену в олігоцен;*

– *часткове затінення Землі її гіпотетичними кільцями.*

Формування свідомого існування живих організмів пов'язане з появою людини роду *Homo* і суспільства, що в часових межах приблизно збігається з межею неогенової та четвертинної систем хроностратиграфічної шкали (рис. 5). У темпоральній періодизації цю межу розглядають із тих самих позицій, що й зародження життя. Якщо життя з погляду інформації – це поява генетичного коду, тобто спадкової видової пам'яті, то людське суспільство – це поява культурної інформації, тобто мови коду абстрактних символів і передачі пам'яті під час навчання.

Одним із предків людини вважають викопну істоту – пітекантропа (від грец. *πίθηκος* – мавпа і *άνθρωπος* – людина) – підвиду людей як проміжної

ланки еволюції між австралопітеками й неандертальцями, що мешкали близько 700–27 тис. років тому. Нині пітекантропа розглядають як локальний варіант *Homo erectus*, що поєднав у собі ознаки мавпи й людини. З'явившись на землі, ці істоти змушені були навчитись виготовляти знаряддя праці і застосовувати їх для добування їжі, виготовлення одягу, будівництва житла. Усе це поступово сформувало в них предметну свідомість, спрямовану на перетворення природних об'єктів на предмети, необхідні для задоволення своїх потреб.

Подальший розвиток свідомості людини відбувався під впливом іншого потужного чинника – мовлення. Виникнення мови в первісній людині – закономірний процес, оскільки трудова діяльність із самого початку мала суспільний характер. Виготовлення знарядь праці та їх застосування вимагали від людей спільних дій, а обмін знаряддями і продуктами праці сприяв інтенсивному спілкуванню. Потреба в спілкуванні привела до появи мовлення, за допомогою якого люди передавали один одному свої знання і досвід. Завдяки спільній праці і мовному спілкуванню інстинктивні відносини в стаді почали замінюватись на усвідомлені, а стадо – перетворюватись на суспільство.

Процес формування людини завершився тільки в епоху верхнього палеоліту (близько 40 тис. років тому), коли з'явився сучасний тип людини – *Homo sapiens* – людина розумна (кроманьйонець).

Узагалі провести межу, яка відділяє людину від тварини, складно, як і межу, що відділяє живе від неживого. Тому інформаційний критерій – поява мови й генетичного коду – найчіткіший. Однак цей процес невіддільний від соціальних відносин. Інакше кажучи, людина з'явилась не сама по собі, а у

формі суспільства, аналогічно, як і життя зародилось не у вигляді організму, а у формі живої речовини або поля живої речовини [10].

За останніми даними, що ґрунтуються на концепції Ю. Л. Семенова [11], поява людини геологічно була миттєвою подією й пов'язана із сексуальною революцією. Відомо, що в тваринному світі еструс – період сексуальної збудливості самиць – суворо обмежений (у мавп – близько 5 дб) і тільки у жінок – постійний. Короткочасність еструсу в австралопітеків призводила до скорочення їх стада, бо вижити вони могли тільки за умов жорсткої системи біологічного домінування найсильнішого самця. Тому в процесі еволюції створювались сприятливі умови для швидкого росту мозку (100–30 тис. років тому), подовження періоду еструсу в результаті мутації. У стаді стосунки між самцями стали терплячими, а отже мисливців і м'яса – більше. Як наслідок, система біологічного домінування протягом одного-двох поколінь у цій популяції могла змінитись системою соціальних відносин. Отже, біологічний перехід від самиці до жінки (Єви) був великим прогресом в еволюції – виходом на нові інформаційний та енергетичний рівні, оскільки він означав становлення мови, перехід до опанування вогнем.

Приблизно в другому тисячолітті до н. е. зародилась писемність – потужний засіб фіксації та ретрансляції соціально-культурних досягнень. Почалась епоха цивілізації. Відбувався суспільний поділ праці, з'являлись міста, розвивався товарообмін, закладались основи правового регулювання відносин між людьми, виникли держави і перші писані закони.

З часом людина з відповідними засобами виробництва стала головною геологічною силою і споживачем енергетичних ресурсів

планети. Розвиток патріархального суспільства, обравши природопідкорювальну ідеологію, забезпечив власний швидкий прогрес через збільшення експансії в природу і деградацію останньої. Це закономірно призвело до другої глобальної екологічної кризи (перша – киснева катастрофа), в результаті якої біосферу почала витісняти техносфера, яка формує третій ноокібернетичний стовбур життя, адаптований до будь-яких некісневих середовищ, зокрема й до космічного.

Проблеми, що постали перед людством, тісно пов'язані між собою. Швидке зростання чисельності населення призводить до інтенсивнішого використання природних ресурсів, загострює продовольчу проблему.

Уже сьогодні людство споживає природних ресурсів на порядок більше, ніж можна вилучати з біосфери без шкоди її біохімічним ци-

клам і без порушення процесу самовідновлення. Інакше кажучи, людство з ХХ ст. живе за рахунок своїх нащадків. Більше того, воно поставило біосферу, а отже й себе як невід'ємну її частину, на грань повної деградації.

У зв'язку з різким загостренням екологічної кризи та усвідомленням того, що в умовах погіршення якості довкілля неможливі здорове суспільство і здорова економіка, чимало вчених та організацій у 1970-ті роки розпочали дослідження реальних шляхів розвитку Землі за збереження існуючих тенденцій або екологічного коригування подальшого розвитку. Були запропоновані “сценарії” розвитку Землі, які частіше ґрунтувались на викладенні особистих уявлень авторів про можливий розвиток, і рідше – на науковому прогнозуванні наслідків існуючих тенденцій (неконтрольоване зростання чисельності населення, інтенсифікація еконо-

міки без урахування фізичних можливостей Землі тощо) з використанням потужних комп'ютерних моделей. На сьогодні розроблено різноманітні сценарії, які істотно відрізняються за ступенями наукової обґрунтованості та об'єктивності. Деякі з них носять відверто емоційний апокаліптичний характер і попереджують про швидку катастрофу; інші об'єктивніші дають конкретні рекомендації щодо дій [7, 12, 13]. Розглянемо основні сценарії розвитку людства в техногені.

Екологічний волюнтаризм (лат. voluntas – воля), в основі якого лежить антропоцентричний принцип про призначення Природи для задоволення потреб не тільки людства, а й кожного індивідуума, хибні уявлення про невичерпність природних ресурсів і безмежні можливості людини. У прогнозований період часу він призведе до виникнення явищ “екологічного бумерангу” – негативного впливу чинників середовища на всі сфери існування людини. Екологічний волюнтаризм тягне за собою прагнення до екстенсифікації існуючих методів господарювання, заперечення необхідності його інтенсифікації на новій науково-технічній основі. Характеризується відсутністю екологічного мислення, повним ігноруванням законів екології, нерозумінням неминучості переходу до нових технологій, які б за підвищення соціально-економічного ефекту були одночасно екологічно раціональними, а потім і переходу до розвитку в межах господарської місткості екосистеми. Сам по собі сценарій історично цікавий, але конкретна господарська діяльність нерідко будується саме на інтуїтивних уявленнях про миттєву вигоду від тих чи інших проєктів [4].

Сценарій управління природою базується на необхідності збереження біосфери

як основи існування людства. Передбачає використання природних ресурсів з урахуванням “екологічних імперативів” – обмежень, спрямованих на збереження ресурсного потенціалу планети шляхом “екологізації виробництва” і сприяння відновним процесам на основі пізнання й дотримання законів Природи.

Технократичний сценарій ґрунтується на визнанні можливості повної заміни біосфери як джерела необхідних для людства ресурсів на технічні засоби. Допускається й заміна самої людини на “штучний інтелект” і “кіборги” – біокібернетичні організми з людським мозком і механічним тілом; роль людини зводиться до виробництва необхідних частин кіборгів.

Космічний сценарій передбачає використання космосу для розселення людей, отримання ресурсів, розміщення відходів і вирішення будь-яких проблем, що поставнуть перед людством. Рано чи пізно людству доведеться покинути Землю і почати колонізацію інших зоряних систем. Від цього залежить не тільки його виживання – людству як виду притаманне прагнення до розвитку, руху вперед. Вийшовши за межі географічних рубежів і біологічних обмежень, воно зумовило подальший розвиток цивілізації, що призвело до технологічних, соціальних, політичних та економічних змін у суспільстві.

“Повернення до природи” – сценарій, заснований на поширеному серед екологічних екстремістів погляді, які вважають, що всупереч незворотності історичного розвитку людство може повернутися до пасторальної ідилії минулого й задовольняти свої потреби “плодами” землі. Людство не повинно робити крок уперед (як припускає більшість футуристів), а має здійснити гігантський стрибок на-

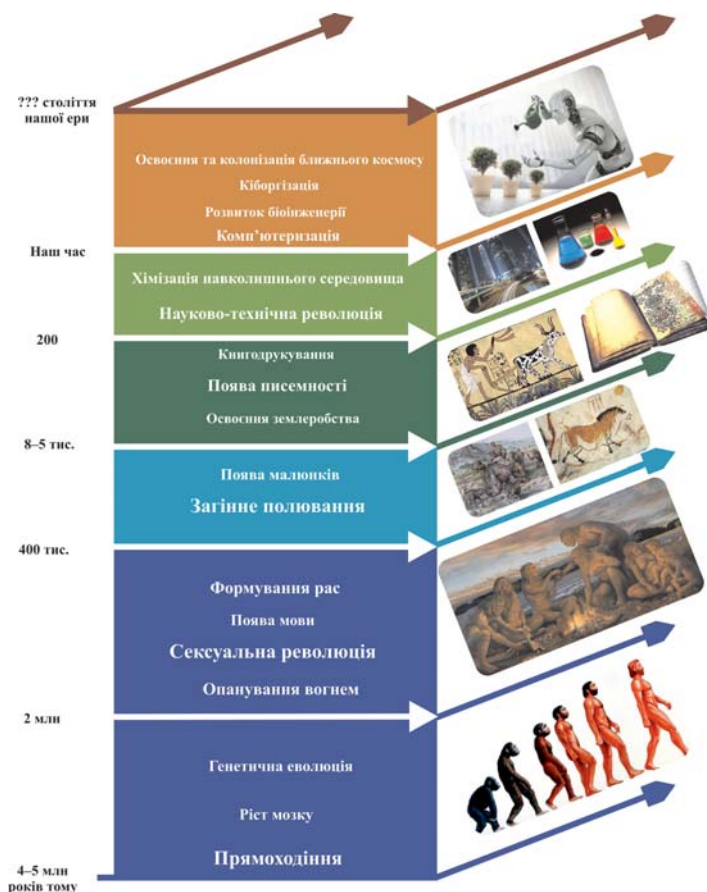


Рис. 5. Основні етапи формування та розвитку людини

зад. Основною передумовою є те, що суспільство нині в основному є споживачем, тому має взяти курс на свідомий регрес (з еволюційного погляду) до стану, коли людина не завдає шкоди планеті. Тільки повернення до передцивілізаційного суспільства може зняти загрозу для планети, природи і для самих себе. Кінцевою метою буде кінець цивілізації і повернення людей у джунглі.

“Вперед до природи” – створення шляхом генної інженерії організмів із новими властивостями, які, будучи впроваджені в екосистеми, контролюватимуть їх у заданому напрямі. Майбутнє, в якому природа стане куди більш буйною і пишною, ніж ми можемо собі уявити. Нові течії енвайронменталізму і трансгуманізму (такі як техногайянізм) зумовлюють розвиток технологій, спрямованих на відновлення навколишнього середовища. Нано- та біотехнології можна буде використовувати для очищення звалищ і знищення відходів виробництва. А в далекому майбутньому можливе трансформування Землі до її первозданного вигляду.

Засновник кіберпанку американський фантаст Брюс Стерлінг виступив 14 жовтня 1998 р. у Сан-Франциско з доповіддю, в якій стверджував, що для боротьби з екологічними проблемами людства треба використовувати найпередовіші технології і працювати разом.

У далекому майбутньому наша планета може стати екологічно більш диверсифікованою, ніж вона коли-небудь була у своїй історії. Людей доведеться генетично модифікувати, щоб вони не заважали загальній гармонії навколишнього середовища. Усі енергетичні потреби людства будуть задоволені раз і назавжди – ми станемо цивілізацією першого типу за шкалою Кардашова (планетарна цивілізація викори-

стовує ресурси своєї планети повністю, планети її зоряної системи колонізуються і стають частиною ресурсної бази). Деякі екологи виступають ще й за коригування екосистеми Землі: знищення хижаків, щоб травоядні тварини не страждали. З'явиться можливість контролювати погоду та засоби захисту від природних катаклізмів: астероїдів, землетрусів, вивержень вулканів.

Проте наслідки втручання новітніх біотехнологій поки що непередбачувані, а тим більше зміни екосистем при їх впровадженні.

Катастрофічний сценарій припускає загибель людства в результаті однієї з антропогенних катастроф: ядерної війни, вичерпання ресурсів, забруднення середовища тощо.

Унаслідок можливої ядерної війни знизиться проникність атмосфери для сонячного світла через запилення, в результаті глобальної зміни клімату настане “ядерна зима”, що спричинить розвиток ланцюгових негативних реакцій у біосфері аж до повної її загибелі.

Екологічна катастрофа в результаті господарської діяльності буде закономірним фіналом прогресу цивілізації, заміни природи на техносферу – систему, яка саморозвивається, керувати якою, внаслідок її складності, людина неспроможна.

Деградація людства – виродження людини через зміну спадкового апарату в результаті мутагенної дії забрудненого середовища, духовна і моральна деградація (орієнтування на матеріальне споживання, наркоманія, алкоголізація). Багато людей завдає шкоди своєму здоров'ю, чудово усвідомлюючи негативні наслідки (наприклад, паління, вживання алкоголю, наркотиків, інших психотропних препаратів), причому дії урядів деяких

держав недвозначно вказують на певну їх зацікавленість у розвитку таких видів бізнесу. У майбутньому людство може зіткнутися з проблемою поголового вживання лікарських засобів, що містять наркотики, або самих наркотиків, і зусилля реклами, схоже, спрямовані на те, щоб привчити наших дітей вважати ліки чимось життєво необхідним, буденним. Ліки перетворюються із засобу лікування на продукт харчування, а це загрожує дуже серйозними наслідками майбутньому людству.

У документах ООН, прийнятих у 1992 р. у Ріо-де-Жанейро як нову теорію існування всього людства і природного середовища, було запропоновано концепцію сталого розвитку. Вона сформульована як спосіб подолання головної для сучасної цивілізації екологічної загрози, що існувала у вигляді якоїсь теоретично обґрунтованої небезпеки, усвідомленої порівняно вузьким колом учених і політиків і пов'язаної з перенаселенням, незворотнім витрачанням невідновлюваних природних ресурсів, забрудненням навколишнього середовища. Сталий розвиток передбачав гармонізацію відносин людства і біосфери, його розвиток у гармонії із законами природи, що стає можливим за умови усвідомлених обмежень на споживання ресурсів, виходячи з можливостей біосфери. Головною метою сталого розвитку є поліпшення якості життя людей без порушення стійкості екосистем. Хоча загалом концепція сталого розвитку була прийнята світовою спільнотою, до сьогодні не цілком зрозуміло, як досягнути цієї мети й оцінити ступінь наближення до неї, адже визначення первинних потреб дуже відрізняється для людей різних країн і континентів.

У червні 2012 р. відбулась конференція ООН зі ста-

лого розвитку “Ріо+20”, яка показала, що на сьогодні, на жаль, світова спільнота не готова серйозно, на політичному рівні підійти до питання майбутнього світу. Домінує економічне мислення, яке не переймається довготривалими наслідками.

У сучасному світі спостерігається значна відмінність між наявними в окремих країнах природними ресурсами та обсягами їх споживання в різних країнах. На сьогодні загальнодоведеним є факт, що 20 % населення Землі, яке живе в промисловорозвинених країнах світу, споживає 80 % усіх ресурсів, а решта 80 % населення слаборозвинених країн – усього 20 % ресурсів.

Сьогодні жорстка конкурентна боротьба за основні ресурси планети “Земля” між провідними державами світу стає ареною найзапеклішої боротьби геополітичних інтересів, нерівність у світі безумовно зростає, збільшується поляризація суспільства.

Згідно з цим варіантом розвитку подій, світ може розділитись на протекціоністські блоки, країни вестимуть жорстокі війни за життєво важливі ресурси, наприклад за воду та джерела енергії – нафту, газ.

Розвинені країни, зберігаючи для свого населення високий рівень споживання, політичними, військовими та економічними заходами триматимуть решту світу в промислово нерозвиненому стані як сировинний придаток, зони скидання шкідливих відходів і джерела дешевої робочої сили.

В умовах такої боротьби між транснаціональними корпораціями за сфери впливу на різних континентах для запобігання знищенню біосфери планети ядерною зброєю єдиним рішенням залишається модернізація системи міжнародних відносин: перехід від відкритого

протистояння до партнерства і взаємовигідного співіснування.

Важливим перспективним напрямом розвитку суспільства залишається інформатизація людства – високоорганізований соціально-економічний і науково-технічний процес розробки та створення сприятливих умов для задоволення інформаційних потреб із використанням інформаційних ресурсів. Одним із перспективних наукових напрямів є глобальне моделювання або побудова математичних моделей, що реалізуються на суперкомп'ютерах, за допомогою яких оцінюють різні варіанти вирішення світових проблем.

Оскільки характерною рисою для людини є непомірність споживання, вчені в майбутньому пропонують скоригувати цю шкідливу рису поступовою заміною людського мозку на штучний інтелект, тобто провести кіборгізацію суспільства. Учені навчаються не тільки відтворювати кожну частину людського тіла, а й коригувати потреби й можливості людини в різних умовах зовнішнього середовища, що забезпечить існування живих організмів навіть в екстремальних умовах.

Однак такий сценарій розвитку майбутнього може піти в іншому напрямі, якщо машини з нелюдським інтелектом почнуть самовдосконалюватись і людина виявиться нездатною зупинити цей процес. Це призведе до надзвичайно швидкого технологічного розвитку, до створення світу, де технології перевершать людину і почнуть керувати фінансовими ринками, науковими дослідженнями, людьми і розробкою зброї, недоступними нашому розумінню. Тому складно прогнозувати, які наслідки для людей може мати створення штучного інтелекту.

З одного боку, більшість сценаріїв розвитку Землі до-

волі песимістичні, кризовий стан планети передбачається в середині ХХІ ст., з іншого – це ціла низка безумовних досягнень людства, які залишають надію на подолання основних кризових явищ і поступове досягнення стійкішого (екологічного) стану планети і всіх країн.

Людство поставило біосферу, а отже, і себе як невід'ємну частину біосфери на межу повної деградації. Швидке зростання чисельності населення на Землі, стрімке збільшення обсягів використання природних ресурсів ставлять перед людством нові завдання, які полягають в освоєнні космічного простору, пошуках життя на сусідніх планетах та їх освоєння в майбутньому. Шлях еволюції, який пройшла планета Земля від початку формування, тривалий процес зародження і розвитку життя, недостатня вивченість Всесвіту дають підставу припускати, що аналогічні фізико-хімічні процеси можуть відбуватись і на інших планетах. Постають запитання: “Чи можливе позаземне життя у Всесвіті? Чи може бути повторений шлях еволюції, який пройшла Земля, на інших планетах?” Криза біосфери порушує питання необхідності використання науково-технічного потенціалу людства для пошуків виходу з цієї ситуації.

На основі знань, якими володіє людство сьогодні, одним із варіантів вирішення цієї проблеми є пошук планет, придатних для освоєння людиною. В основу наших прогнозів покладено модель формування життя на Землі від прокариотів до людини, тобто від простого до складного за період понад 3,8 млрд років.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Еськов К.* История Земли и жизни на ней: от хаоса до человека. – М.: НЦ ЭНАС, 2004. – 312 с.
2. *Заварзин Г. А., Жилина Т. Н.* Содовые озера – природная модель древней биосферы континента//Природа. – 2000. – № 2. – С. 45–55.

3. *Захаров В. Б., Мамонтов С. Г., Социн Н. И., Захарова Е. Т.* Биология. 11 класс. Профильный уровень. – М.: Изд-во Дрофа, 2007. – 283 с.

4. *Краснощечков Г. П., Розенберг Г. С.* Экология “в законе” (теоретические конструкции современной экологии в цитатах и афоризмах). – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2002. – 248 с.

5. *Куприянова Е. В., Проница Н. А.* Карбоангидраза – фермент, преобразивший биосферу//Физиология растений. – 2011. – № 2. – С. 163–176.

6. *Марков А. В.* Проблема происхождения эукариот//Палеонтолог. журнал. – 2005. – № 2. – С. 3–12.

7. *Реймерс Н. Ф.* Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: Россия молодая, 1992. – 367 с.

8. *Розанов А. Ю.* История становления скелетных фаун//Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 12. – С. 62–68.

9. *Розанов А. Ю., Федонкин М. А.* Проблема первичного биотопа эукариот. Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. – М.: Недра, 1994. – С. 25–32.

10. *Рудько Г. I., Адаменко О. М.* Землеология. Эколого-ресурсна безпека Землі. – К.: Академпрес, 2009. – 512 с.

11. *Семенов Ю.* Происхождение человека в свете современных данных науки//Вестн. АН СССР. – 1987. – № 7. – С. 120–130.

12. *Степин В. С.* Эпоха перемен и сценарии будущего. 1996: Сокращенный вариант статьи автора “Философская мысль на рубеже двух столетий”, опубликованной в сб. “Философия в современном мире”//Философия и жизнь. Науч.-попул. сер. – 1990. – № 11.

13. *Тетиор А. Н.* Устойчивое развитие города. – М.: Комитет по телекоммуникациям и средствам массовой информации правительства Москвы, 1999. – 173 с.

14. *Penny A. M., Wood R., Curtis A. et al.* Ediacaran metazoan reefs from the Nama Group, Namibia. Science 27 June 2014. – 344. – N 6191. – P. 1504–1506. Doi: 10.1126/science.1253393.

15. *Wickramasinghe N. C., Wallis J., Wallis D. H. et al.* Fossil diatoms in a new carbonaceous meteorite//J. of Cosmology. – 2013. – 21. – N 37. – P. 9560–9571.

REFERENCES

1. *Eskov K.* History of the Earth and life on it: from chaos to human. – M.: NTS ENAS, 2004. – 312 p. (In Russian).

2. *Zavarzin G. A., Zhilina T. N.* Natron lakes – a natural model of the ancient continental biosphere//Nature. – 2000. – № 2. – P. 45–55. (In Russian).

3. *Zakharov V. B., Mamontov S. G., Sonin N. I., Zakharova E. T.* Biology. Grade 11. Profile level. – M.: Drofa Publisher, 2007. – 283 p. (In Russian).

4. *Krasnoshchekov G. P., Rosenberg G. S.* Ecology “in the law” (theoretical constructions the modern ecology in quotations and aphorisms). – Tolyatti: IEVB RAN, 2002. – 248 p. (In Russian).

5. *Kupriyanova E. V., Pronina N. A.* Carbonic anhydrase – an enzyme that converts the biosphere//Plants Physiology. – 2011. – № 2. – P. 163–176. (In Russian).

6. *Markov A. V.* The origin of eukaryotes//Paleontologist. magazine. – 2005. – № 2. – P. 3–12. (In Russian).

7. *Reimers N. F.* Hopes for the survival of humanity. Conceptual ecology. – M.: Rossiya molodaya, 1992. – 367 p. (In Russian).

8. *Rozanov A. Yu.* The history of the skeletal faunas formation//Soros educational magazine. – 1996. – № 12. – P. 62–68. (In Russian).

9. *Rozanov A. Yu., Fedonkin M. A.* The problem of the primary biotope of eukaryotes. Ecosystem restructuring and biosphere evolution. – M.: Nedra, 1994. – P. 25–32. (In Russian).

10. *Rudko G. I., Adamenko O. M.* Earthology. Ecological and resource safety of the Earth. – K.: Akadempress, 2009. – 512 p. (In Ukrainian).

11. *Semenov Yu.* Origin of human in the light of current scientific data//Vestn. USSR Academy of Sciences. – 1987. – № 7. – P. 120–130. (In Russian).

12. *Stepin V. S.* The epoch of changes and future scenarios. 1996: The abridged version of author’s article “Philosophical thought at the turn of two centuries”, published in digest “Philosophy in the contemporary world”//Philosophy and life. Scientific-pop. ser. – 1990. – № 11. (In Russian).

13. *Tetiur A. N.* Sustainable development of the city. – M.: Committee on telecommunications and mass media of the Government of Moscow, 1999. – 173 p. (In Russian).

14. *Penny A. M., Wood R., Curtis A. et al.* Ediacaran metazoan reefs from the Nama Group, Namibia. Science 27 June 2014. – 344. – N 6191. – P. 1504–1506. Doi: 10.1126/science.1253393.

15. *Wickramasinghe N. C., Wallis J., Wallis D. H. et al.* Fossil diatoms in a new carbonaceous meteorite//J. of Cosmology. – 2013. – 21. – N 37. – P. 9560–9571.

Рукопис отримано 28.05.2014.

ДО 90-РІЧЧЯ МИКОЛИ ПЕТРОВИЧА ЩЕРБАКА

16 вересня 2014 року виповнилося 90 років від дня народження видатного українського вченого-геолога, академіка НАН України, Миколи Петровича Щербака, двічі лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки, доктора геолого-мінералогічних наук, професора. Уся трудова діяльність Миколи Петровича (більше 67 років) була пов'язана з геологічною галуззю. Більше 30 років ювіляр очолював відомий світовому геологічному товариству Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України.

Народився Микола Петрович у с. Савинки Палавського району Саратовсь-

кої області. Після закінчення середньої школи навчався в Донецькому політехнічному інституті. З 1947 року працював в Микитівській геологорозвідувальній партії тресту "Артемгеологія", а з 1948 року – старшим геологом Північно-Східного управління Міністерства геології СРСР, де очолював кілька геологічних партій. У 1955 році Микола Петрович повернувся в Україну і працював на посаді наукового співробітника в Інституті геологічних наук АН України. У 1959 році захистив кандидатську дисертацію, а в 1971 році – докторську. У 1965 році Микола Петрович був призначений заві-

дувачем відділу Інституту геохімії і фізики мінералів, а в 1977 році – директором інституту.

Наукові дослідження Миколи Петровича Щербака були зосереджені на ізотопній геохронології, геохімії, геології та петрології Українського щита. Під його керівництвом та безпосередній участі проводились найбільш вагомі і фундаментальні дослідження, в результаті яких уточнено стратиграфічні схеми докембрію Українського щита і часові межі металогенічних епох, опубліковано понад 400 наукових робіт, серед них шість монографій, які стосуються питань петрогенезису і геохронології гірських порід України.

Ювіляр у свої 90 років повний сил, енергії, натхнення, творчих планів та намірів і в подальшому розвивати геологічну науку.



Геологи і науковці України, Державна геологічна служба щиро вітають Миколу Петровича з днем народження і бажають йому міцного здоров'я, творчих сил і нових наукових досягнень.

Державна геологічна служба, колектив Українського державного геологорозвідувального інституту

ПАМ'ЯТІ ВИДАТНОГО ГЕОЛОГА АНАТОЛІЯ ЯКОВИЧА РАДЗІВІЛЛА (ДО 80-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)

Сьогодні ми вшануємо пам'ять відомого вченого, геолога, доктора геолого-мінералогічних наук, професора, визнаного фахівця в галузях тектоніки, вугільної геології Анатолія Яковича Радзівілла. 30 серпня 2014 року йому виповнилося би 80 років.

Тернистими і кам'янистими, широкими і світлими шляхами йшов Анатолій Якович до храму науки. Він народився 30 серпня 1934 року в с. Кузьмина Гребля Черкаської області в родині вчителя. У 1951 році закінчив школу зі срібною медаллю і поступив на геологічний факультет Київського державного університету. 12 років працював Анатолій Якович на Крайньому Північному сході після закінчення університету. Чукотка

і Колима стали справжньою життєвою школою, школою становлення майбутнього вченого з широким світоглядом. А. Я. Радзівілл зробив вагомий внесок у відкриття, вивчення та освоєння мінеральних багатств Охотсько-Чукотського вулканічного поясу, брав участь у відкритті Чукотського золотоносного поясу. Багаторічні дослідження дали можливість виявити нові типи зв'язків тектонічних елементів Колимо-Чукотського регіону. В альбомі "Охотско-Колымский край. 70 лет геологического поиска" (Магадан, 1998) його ім'я назавжди вписано в історію геологічних досліджень цього регіону.

Наука владно приваблювала молодого геолога,

і в 1968 році Анатолій Якович вступив до очної аспірантури Інституту геологічних наук АН України. У 1970 р. він віддав данину Охотсько-Колымському краю, успішно захистивши кандидатську дисертацію на тему "Тектоника Южно-Анюйского прогиба (Западная Чукотка)", в якій виділив та обґрунтував новий тип шовної структури – Південноанюйський прогин Західної Чукотки з комплексом фацій від офіолітової до флішової й моласової.

Вважаючи тектонічні процеси головним чинником у перманентній зміні поверхні Землі, А. Я. Радзівілл свої дослідження присвятив проблемам тектоніки вугільних басейнів України, тектономагматичним процесам. Перед дослідником відкривався широкий спектр питань, пов'язаних із вивченням регіональних структур і виявленням загальних фундаментальних закономірностей тектоніки



та історії розвитку осадових басейнів.

Велике теоретичне і практичне значення мають уперше визначені вченим низки закономірностей взаємозв'язку тектонічних і магматичних структур, залежності утворення вуглецевих формацій від глибинних тектономагматичних і мантийних процесів, встановлення нового типу рудоконтролюючих тектономагматичних структур – субвулканічних діапїрів, розробка методики діагно-

стики зон стиснення і розуцільнення.

Уже в першій монографії “Особенности тектоники угольных бассейнов” у співавторстві з І. О. Майдановичем отримала розвиток концепція про міжблоковий і надрозломний характер вуглеводородної накопичення. Ученим було визначено співвідношення часу накопичення органічної речовини і процесів вулканізму.

Новим етапом розвитку ідей Анатолія Яковича стала монографія в співавторстві з В. Я. Радзівіллом, В. С. Токовенком “Тектономагматические структуры неогена (Региональная тектоника Украины)” (1986 р.). Уперше узагальнені матеріали по тектономагматичним структурам неогену та охарактеризовані основні етапи вулканізму і формування тектономагматичних структур південно-західної частини Східноєвропейської платформи.

Дослідженнями були виявлені масштаб і географічні контури тектономагматичних структур альпійської активізації центральної частини Українського щита, площа поширення яких сягає 8–16 тис. км². Було наголошено про успадкованість альпійськими тектономагматичними структурами структур давньої активізації. Проведені палеотектонічні реконструкції дали можливість по-новому оцінити перспективи на родовищах корисних копалин.

Ідеї Анатолія Яковича Радзівілла про контролюючий чинник рельєфу та структури кристалічного фундаменту, а також тектономагматичних структур, викладені в колективній монографії “Днепровский бурогольный бассейн” (1987). Розвиваючи свої положення про успадкованість, А. Я. Радзівілл уперше на прикладі Дніпровського басейну, сформованого в епо-

ху найпізнішої альпійської тектономагматичної активізації Українського щита, довів приуроченість переривчастих замкнутих покладів бурого вугілля до системи тектонічних і тектономагматичних депресій фундаменту. Ним була висловлена думка про розширення перспектив вугільного басейну за рахунок виявлення нетрадиційних форм структури та рельєфу фундаменту – локальних конусоподібних западин жерловин і надсклепінних обвалів куполів фундаменту.

Головним підсумком багаторічних досліджень ученого стали захист докторської дисертації “Геологічні позиції вуглецевих формацій неогену України” (1997) і вихід у світ монографії “Углеродистые формации и тектономагматические структуры Украины” (1998). Було сформульовано та обґрунтовано головне положення вчення:

– тектономагматичні структури – найвиразніші елементи, що формуються на етапах максимальних перебудов активізованих блоків земної кори та їх шовних зон. У подальшому вони розвиваються як тектонічні, що контролюють наступну фаціальну зональність і спрямованість геологічного розвитку регіону.

Надзвичайно важливою вважав Анатолій Якович проблему зв'язку формування нафтогазових і вугленосних басейнів (провінцій), вирішенню якої передували численні багаторічні дослідження вугленосних і нафтогазозонних басейнів переважно на платформній частині території України. Вуглецеві родовища і провінції, різні за генезисом і віковим діапазоном від карбону до неогену, розглядаються вченим як самостійні геологічні об'єкти. В їх формуванні

беруть участь як процеси накопичення органічного матеріалу, так і глибинні тектономагматичні і тектонометасоматичні процеси. Вугільно-вуглеводневі басейни (провінції) були виділені А. Я. Радзівіллом у геологічних структурах – Складчастий Донбас, Придніпровська провінція (Дніпровсько-Донецький грабен), Південнодністровська (Переддобруджинський прогин), Львівсько-Волинська. Ним встановлені основні закономірності взаємовідношень структури і речовинного складу осадового покриву зі структурою і рельєфом докембрійського кристалічного фундаменту, його розломами і зонами розуцільнення та тектономагматичними морфоструктурами.

А. Я. Радзівілл підкреслював значну (швидше домінуючу) роль глибинного підтоку газів і водних розчинів, які є продуктами тектономагматичної активності, у формуванні та перерозподілі покладів горючих копалин: вугілля, нафти, газу.

Велике теоретичне і практичне значення мають обґрунтування дослідником перспектив газоносності синклінальних структур вуглецевих і нафтогазових басейнів, визначення за палеогеологічними реконструкціями активного впливу тектономагматичного і денудаційно-седиментаційного режимів на формування карбонівих формацій Донбасу.

Саме ці теоретичні висновки і стали основою концепції біогенно-абіогенного походження природних вуглеводнів надр. За А. Я. Радзівіллом, тектономагматична активізація, що пов'язана з глибинними процесами, визначає активізацію поверхневих процесів, порушуючи їх рівновагу, зокрема і в біосфері.

Неможливо відокремити ім'я Анатолія Яковича Радзівілла вченого від Радзівілла керівника відділом, від Радзівілла активного учасника громадського і наукового життя інституту, від Радзівілла вихователя нового покоління вчених. З 1981 року до 2013 року Анатолій Якович очолював відділ геології вугільних родовищ, який завжди вносив свою частку в розвиток вітчизняної геологічної науки. Багаті знання та життєвий досвід Анатолій Якович щедро передавав своїм учням, які під його керівництвом захистили кандидатські дисертації і продовжують традиції свого наставника (А. С. Гамзеев, С. А. Гуридов, А. В. Александрова, С. В. Коваленко, Н. В. Вергельська). А. Я. Радзівілл неодноразово отримував високу державну оцінку за громадську й наукову діяльність. Результати наукових досліджень викладені в численних статтях і монографіях. За розробку в колективі авторів наукової тематики “Створення енергоефективного комплексу добування та використання шахтного газу метану” Анатолій Якович став лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки (2011 рік).

З ним було легко працювати, толерантний – він ніколи не нав'язував своїх уподобань з будь-яких наукових проблем. Любов'ю до геології було пронизано все життя Анатолія Яковича.

Анатолій Якович і зараз поряд з нами, він назавжди залишиться:

*“На висоті геологічній,
У вихорі мантийнім вічним,
Де вуглецевий кругообіг
Веде до вугільних родовищ.”*

Відділ геології вугільних родовищ ІГН НАН України