

УДК 553.81.041(447.4/5)

ПЕТРОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГРАНІТОЇДНИХ КОМПЛЕКСІВ ДОКЕМБРІО – ОЗНАКА ПОТЕНЦІЙНОЇ АЛМАЗОНОСНОСТІ ТЕРИТОРІЇ

Ю. Федоришин¹, І. Паранько²

¹Львівське відділення УкрДГРІ
79038 м. Львів, вул. Пасічна, 38а
E-mail: fedoryshyn@tbn.net.ua

²Криворізький технічний університет
50027 м. Кривий Ріг, вул. XXII партз'їзду, 11
E-mail: paranko@mail.ru

Наведено загальні відомості про зрілість літосфери в межах алмазонасних територій. На підставі аналізу просторової мінливості індексу калієвості гранітоїдних комплексів Українського щита і потужності літосфери в його межах зроблено припущення стосовно належності до потенційно алмазонасних об'єктів Інгулецького мегаблока.

Ключові слова: алмазонасність, літосфера, гранітоїди, індекс калієвості, докембрій, Український щит.

Досвід вивчення алмазонасних провінцій засвідчує, що потенційно перспективними на виявлення родовищ алмазів є території давніх платформ і щитів, які мають високий ступінь зрілості літосфери. Ступінь зрілості літосфери визначений гіпсометричним положенням подошви літосфери, яке за фізико-хімічними особливостями можна порівнювати з межею стабільного існування графіту й алмазу. Згідно з сучасними петрологічними даними [4], область алмазоутворення відповідає таким *PT*-умовам: 1 100 °С і 47 кбар – 1 500 °С і 93 кбар. Ці параметри еквівалентні інтервалу глибин від 140 до <270 км.

Початком досліджень літосфери Українського щита стали погляди, які є в основі всіх сучасних геологічних концепцій про розвиток Землі як космічного тіла – флюїдна дегазація й винесення з мантії (дебазифікація мантії) у верхні горизонти літосфери та за її межі великої кількості речовини в газоподібному і рідкому станах. За даними [11, 12], джерелом флюїдних потоків є розплавлене ядро. Флюїди, використовуючи міжзерновий простір, проникали крізь мантіїний субстрат і забезпечували його деплетацію (дунітизацію). Унаслідок селективної міграції з флюїдного середовища водню (як найрухомішого компонента) у флюїді розвивались процеси диспропорціонування вуглекислотних і водних компонентів, що стимулювало екстракцію з мантіїного субстрату металів, які утворювали вуглекислотні міграційні компоненти. Збагачення флюїду водою, вуглекислотою і калієм підвищувало його екстракційну здатність передусім щодо Si й Al. За такою схемою відбувалося широкомасштабне деплетування (“висушування”) перидотитового континентального мантіїного субстрату, його дунітизація і зростання потужності літосфери. Іншими словами, гіпсометрична межа подошви літосфери зміщувалась на

більші глибини в мантію. З заглибленням межі літосфера–астеносфера еволюціонував склад мантійних розплавів у напрямі від толейтових базальтів через ультраосновні й лужно-ультраосновні породи, карбонатити до кімберлітів.

Отже, просочуючись крізь мантійний субстрат і виконуючи його деплетацію, флюїди привносили в земну кору сіалічні компоненти. Завдяки цьому відбувалась дебазифікація протосубстрату континентальної земної кори, утворення і нарощування потужності гранітогнейсового шару. Мінерали “гранітної” асоціації формувались тому, що мантійні флюїди були збагачені низкою некогерентних компонентів, у тім числі Si та K [9, 10], що сприяло зменшенню частки базальтової частини земної кори щодо її загальної потужності.

Однак формування гранітогнейсового шару з мантійних флюїдів окремі дослідники трактують неоднозначно, а в деяких випадках не сприймають у принципі. З огляду на важливість цього питання зазначимо, що про мантійну природу флюїдів та їхній склад свідчать достовірні петрологічні дані [9, 10, 13]. Зокрема, колектив лабораторії петрології і рудогенезу Інституту земної кори СВ РАН під керівництвом Ф. Летнікова у розвиток поглядів Д. Коржинського [6] та Ю. Кузнецова [7, 8], а також багатьох інших учених про мантійну природу гранітизувальних флюїдів розробив флюїдну модель формування континентальної літосфери [9, 10]. Головні ідеї та особливості цієї моделі вдосконалювали впродовж останніх 30 років. Зокрема, Л. Похіленко [13] на підставі петрологічних досліджень мантійних ксенолітів з кімберлітових трубок Сибірської платформи та Каапваальського кратону (Південна Африка) довела, що в тих частинах, де літосфера має максимальну потужність, а кімберлітові трубки – промислово алмазонасні, гарцбургіти і дуніти, які формують підшву літосфери, екстремально виснажені легкоплавкими (сіалічними) компонентами, у тому числі Si й K, а природний мантійний флюїд має низьку густину і в'язкість і, крім названих елементів, містить воду, CO, CO₂, N₂, H₂, Cl, CH₄ та інші вуглеводні.

З'ясовано [18], що мантійні флюїди робили вагомий внесок у формування складу земної кори. Зокрема, порівняння відношень флюїдорухомих компонентів до їхніх рідкісноземельних аналогів у континентальній корі і в базальтах океанічних областей дало змогу виявити надлишкові маси рудних металів у континентальній корі. Водночас доведено, що флюїд здатний розчиняти петрогенні елементи, а сумарна розчинність силікатних компонентів у флюїді, рівноважному з мантійним лерцолітом, на глибині 120 км може перевищувати 50 %, досягаючи рівня, властивого легкорозчинним солям.

Ці процеси відобразилися у ступені зрілості окремих літосферних сегментів (мегаблоків, блоків): глибині деплетації мантії, кількості сіалічних і некогерентних компонентів, винесених флюїдними потоками у земну кору. Відповідно до цього, не лише зростала потужність літосфери, а й змінювалась петрохімічна спеціалізація плутонометаморфічних комплексів, якими складена поверхня кристалічного фундаменту щитів і платформ. Очевидно, що таким породним комплексам властиві значні вертикальні масштаби гранітизації земної кори, зростання вмісту таких петрогенних елементів, як K і Si, зниження Na, Ca, Mg, Fe і яскраво виражена калієва петрохімічна спеціалізація. Щодо *PT*-умов стійкості алмазу, то літосферні сегменти з калієвою петрохімічною спеціалізацією породних комплексів поверхні фундаменту належать до потенційних алмазонасних об'єктів. Така ситуація характерна для відомих проявів алмазопродуктивного магматизму Кольсько-Архангельського

регіону, просторово зосереджених у межах Терського поясу, якому притаманний максимальний ступінь гранітизації і, відповідно, зрілості літосфери. Потужність літосфери в межах полів прояву алмазозносного магматизму, у тім числі ранньопротерозойських комплексів, становить понад 150 км [3]. Прямими ознаками потужної гранітизації земної кори цього регіону для районів розташування алмазозносних кімберлітових трубок унаслідок надходження з мантії гранітизувальних флюїдів є те, що серед нижньокорових ксенолітів (глибини 25–30 км за загальної потужності кори ~35–37 км) трапляються породи з вмістом SiO_2 до 65 %, тоді як сусідні блоки кори на аналогічних глибинах складені породами з вмістом $\text{SiO}_2 \leq 50$ % [5]. У такому випадку коефіцієнт лейкократовості кори K_n для районів розташування алмазозносних кімберлітових трубок, обчислений як співвідношення потужності сіалічної частини кори (сумарна потужність гранітного й діоритового шарів) до повної потужності, становить 0,70–0,82. Для сусідніх блоків $K_n \leq 0,5$.

Прямі ознаки інтенсивної калієвої фельдшпатизації, як показника високої зрілості літосфери, що відповідає поняттю максимальної потужності, фіксують у розрізі кори (ксеноліти з кімберлітів) та породах поверхні фундаменту Якутської кімберлітової провінції. Їх виявлено в районах просторового розташування промислово алмазозносних кімберлітових трубок. Це ксеноліти калішпатових, кварц-калішпатових і двопольовошпатових кристалічних сланців у ксенолітах алмазозносних кімберлітових трубок Загадочная, Удачная, Молодіжна, Ленінградська [14]. В обох зазначених районах породи ксенолітів і поверхні фундаменту мають калієву петрогеохімічну спеціалізацію.

Якщо з аналогічних позицій проаналізувати склад земної кори районів розташування продуктивних алмазозносних кімберлітових полів для Якутської кімберлітової провінції, то, згідно з наведеними даними [15, 16], отримаємо таке: K_n для Малоутубинського поля становить 0,72 (потужність сіалічної частини кори ~32–34 км); Алакитського – 0,70–0,72 (потужність сіалічної частини кори ~33–34 км); Далдинського – 0,50–0,62 (потужність сіалічної частини кори ~25–31 км). Повна потужність земної кори для цих районів становить приблизно 39–46 км. Для непродуктивного Мунського поля потужність сіалічної частини кори не перевищує 20–23 км за загальної потужності кори до 57 км. Для Мунського поля $K_n = 0,35$ –0,40. Коефіцієнт гранітизації кори K_r , обчислений як співвідношення потужності гранітного шару до потужності земної кори, згідно з [15], для названих продуктивних полів становить близько 0,36–0,38, для Мунського поля – 0,15. Яскравим підтвердженням виконаного аналізу для Якутської кімберлітової провінції є матеріали, які відображають просторову закономірність розташування кімберлітових полів, трубок і ступінь алмазозносності [17]. Наведені дані свідчать, що з просуванням на північ, де розташовані кімберлітові тіла Мунського поля, перспективи виявлення промислово алмазозносних кімберлітових тіл суттєво знижуються. Ця тенденція виявлена свого часу на підставі вивчення ксенолітів у кімберлітах [1]. З'ясовано, що в напрямі на північ від центральної частини кімберлітової провінції поступово зникають ксеноліти, які характеризують глибини літосфери, де можлива кристалізація алмазу, закономірно зростає частка піроксенітів серед них, змінюється хімізм мінералів-супутників алмазу в напрямі зростання залізистої компоненти в гранатах, зменшення вмісту хрому в хромшпінелях тощо.

На підставі наведених фактів проаналізовано склад і визначено регіональну петрогеохімічну спеціалізацію плутонометаморфічних комплексів Українського щита.

Найдієвішим для таких випадків, на наш погляд, є метод Т. Барта. Цей метод дає змогу визначити кількість атомів кожного з петрогенних компонентів в елементарному об'ємі породи на момент завершення її формування, виконувати порівняльний аналіз, є простим і доступним для практичного використання, що важливо під час розробки розшуково-оцінних критеріїв петрогеохімічного характеру. Початком дослідження була ідея Р. Белевцева, яка виникла під час аналізування наукового спадку акад. В. Соболева [2]. Суть її полягає у винятковій ролі калію, який є індикатором інтенсивності і розвитку процесу фельдшпатизації, формування складу земної кори взагалі та нарощування потужності літосфери. Р. Белевцев зазначав, що сучасна континентальна кора, на відміну від “ендербітового”, натрового за геохімічною спеціалізацією аналога в ранньому археї, за складом відповідає гранодіориту-граніту. Очевидно, що головна тенденція еволюції кори полягала у привнесенні калію і заміщенні натрових порід калієвими. Іншими словами, ті літосферні сегменти, де була інтенсивна і тривала деплетація мантії, що призводила до зростання потужності літосфери, повинні мати калієвий тип фельдшпатизації. Відсутність калію у первинних породах кори пов'язують з гравітаційною диференціацією магмосфери, у верхній частині якої концентрувались найлегші хімічні елементи – Na, Si, Al.

На прикладі вивчення плутонометаморфічних та інтрузивних гранітоїдних комплексів Українського щита шляхом визначення індексу калієвості (I_k) порід за методом Т. Барта з'ясовано, що зростання цього показника для плутонометаморфічних комплексів відбувається в такій послідовності (*назви комплексів наведені відповідно до “Кореляційної хроностратиграфічної схеми раннього докембрію Українського щита”, 2004*) – шевченківський, дніпропетровський, звенигородський, токмацький, гайворонський, собітовий, бердичівський, демуринський, синюхинський, уманський, кіровоградський, богуславський і вознесенський (рис. 1); для інтрузивних комплексів – сурський, обіточинський, мокромосковський, осницький, кам'яногильський, житомирський, пержанський, східноприазовський, салтичанський, корсунь-новомиргородський, анадольський, токівський, коростенський і новоукраїнський (рис. 2).

З наведеної послідовності випливає, що максимальні значення I_k мають кіровоградський плутонометаморфічний та новоукраїнський інтрузивний комплекси, які беруть участь у будові Інгульського мегаблока Українського щита. Саме в цьому сегменті регіону, за даними глибинного сейсмічного зондування, є максимальна для щита потужність літосфери – 180–200 км. Тобто існує прямий кореляційний зв'язок між індексом калієвості гранітоїдів докембрійських комплексів і потужністю літосфери. Це підтверджено також результатами зіставлення показників I_k плутонометаморфічних та інтрузивних комплексів з потужністю літосфери в межах літосферного сегмента, який вони формують.

Як бачимо, просторова мінливість показника I_k гранітоїдних утворень Українського щита засвідчує глибинну неоднорідність будови земної кори і літосфери регіону. Зазначений параметр прямо пов'язаний з мінливістю потужності літосфери і з урахуванням даних з алмазоносності інших докембрійських платформ може бути надійним прогностно-розшуковим критерієм.

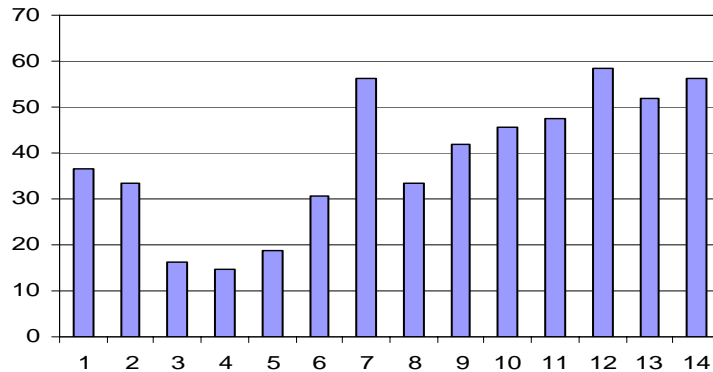


Рис. 1. Значення I_k для плутонометаморфічних комплексів Українського щита.

По осі ординат – значення I_k , по осі абсцис – комплекси: 1 – бердичівський; 2 – гайворонський; 3 – дніпропетровський; 4 – шевченківський; 5 – звенигородський; 6 – токмацький; 7 – анадольський; 8 – гайсинський; 9 – демуринський; 10 – синюхинський; 11 – уманський; 12 – кіровоградський; 13 – богуславський; 14 – вознесенський.

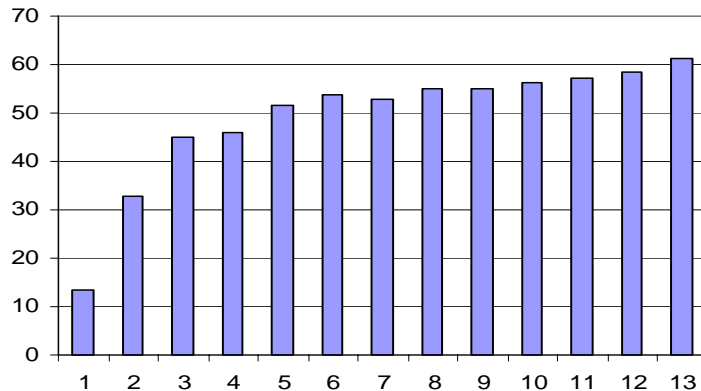


Рис. 2. Значення I_k для інтрузивних комплексів Українського щита.

По осі ординат – значення I_k , по осі абсцис – комплекси: 1 – сурський; 2 – обіточенський; 3 – мокромосковський; 4 – осницький; 5 – кам'яногомільський; 6 – пержанський; 7 – житомирський; 8 – східноприазовський; 9 – салтичанський; 10 – корсунь-новомиргородський; 11 – тетіївський; 12 – коростенський; 13 – новоукраїнський.

Оскільки область стабільного існування алмазу є на глибині понад 150 км, то можна припускати, що Інгульський мегаблок Українського щита за ступенем зрілості літосфери належить до потенційно алмазоносних. Середня потужність земної кори в його межах (за винятком екстремально занурених ділянок) становить близько 40 км. Сумарна потужність гранітного і діоритового шару – понад 20 км. Коефіцієнт лейкократовості кори K_d на більшій частині площі мегаблока змінюється від 0,6 до 0,8, а коефіцієнт гранітизації K_r – від 0,1 до $\geq 0,4$. Центральна частина мегаблока повністю відповідає значенням K_d і K_r , характерним для промислово алмазоносних полів Якутської провінції. Ця версія підтверджена практикою. Відомо, що

останніми роками в Інгульському мегаблочі виявлено алмази в Зеленогайській структурі та в межах розшукових площ на захід–південний захід від Кіровограда.

Отже, петрохімічні особливості плутонометаморфічних гранітоїдних комплексів можуть слугувати одним з важливих і надійних критеріїв виявлення потенційно алмазоносних територій у межах докембрійських щитів як такі, що перш за все визначають існування петрологічних передумов зародження, росту і стабільного існування алмазу в літосфері конкретного регіону. Врахування цього критерію дає змогу диференційовано підходити до оцінки окремих сегментів літосфери з позиції її зрілості й визначати потенційні перспективи алмазоносності кожного з них.

1. Бакуменко И.Т., Добрецов Н.Л., Кебезинская В.В. Глубинные ксенолиты и верхняя мантия. Новосибирск, 1975.
2. Белевцев Р.Я. Роль калия в петрогенезисе континентальной земной коры // Минерал. журн. 1998. Т. 20. № 6. С. 83–87.
3. Богатиков О.А., Гаранин В.К., Кононова В.А. и др. Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия). М., 1999.
4. Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Марфунин А.С., Михайличенко О.А. Включения в алмазе и алмазоносные породы. М., 1991.
5. Егоркин А.В. Строение верхней мантии под Далдыно-Алакитским кимберлитовым полем по сейсмограммам ядерных взрывов // Геология рудных месторождений. 2001. Т. 43. № 1. С. 241–249.
6. Коржинский Д.С. Гранитизация как магматическое замещение // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1952. № 2. С. 56–59.
7. Кузнецов Ю.А. О главных формах гранитоидного магматизма и механизм образования гранитоидных тел // Геология и геофизика. 1966. № 6. С. 3–16.
8. Кузнецов Ю.А., Изох Э.П. Геологические свидетельства интрателлурических потоков тепла и вещества // Проблемы петрологии и генетической минералогии. Т. 1. М., 1969. С. 7–20.
9. Летников Ф.А. Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования // Вестн. ОГГГН РАН. 1999. № 4 (10). 25 с.
10. Летников Ф.А., Леви К.Г. Зрелость литосферы и природа астеносферного слоя // Докл. АН СССР. 1985. Т. 280. № 5. С. 1201–1203.
11. Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа её эндогенной активности. М., 1999.
12. Маракушев А.А. Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы. М., 1992.
13. Похиленко Л.Н. Особенности флюидного режима литосферной мантии Сибирской платформы (по ксенолитам глубинных пород в кимберлитах): Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 2006.
14. Розен О.М., Серенко В.П., Спеццус З.В. и др. Якутская кимберлитовая провинция: положение в структуре Сибирского кратона, особенности состава верхней и нижней коры // Геология и геофизика. 2002. Т. 43. № 1. С. 3–26.
15. Суворов В.Д., Мельник Е.А., Манаков А.В. Структура земной коры Мало-Ботуобинского и Далдыно-Алакитского кимберлитовых районов по данным сейсмического и гравитационного моделирования // Эффективность прогнозирования

- и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее. СПб., 2004. С. 343–346.
16. Суворов В.Д., Юрин Ю.А., Тимиршин К.В. и др. Структура и эволюция земной коры и верхов мантии в Якутской кимберлитовой провинции по сейсмическим данным // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 2. С. 486–493.
17. Milshstein E.D., Erinchek Yu. M., Saltykov O.G. Space-time evolution of kimberlite magmatism in the Siberian platform // Mineral Exploration and Sustainable Development / Ed. Eliopoulos et al. Rotterdam, 2003. P. 619–622.
18. Ryabchikov I.D., Boettcher A.L. Experimental evidence at high pressure for potassic metasomatism in the mantle of the Earth // Amer. Mineralogist. Vol. 96. N 3. P. 143–148.

**PETROCHEMICAL PECULIARITIES OF PRECAMBRIAN
GRANITOID COMPLEXES – THE INDICATION OF POTENTIALLY
DIAMOND-BEARING TERRITORIES**

Yu. Fedoryshyn¹, I. Paran'ko²

¹*Lviv Branch of USGPI
Pasichna St. 38a, UA – 79038 Lviv, Ukraine*

E-mail: fedoryshyn@tbn.net.ua

²*Kyryvi Rih Technical University
XXII Party Congress St. 11, UA – 50027 Kyryvi Rih, Ukraine*

E-mail: paranko@mail.ru

Information of commons about maturity of diamond-bearing territories lithosphere is resulted. On the basis of spatial changeability analysis of the Ukrainian Shield granitoid complexes potassium index and thickness of lithosphere supposition is done about belonging of Inhulets'kyi megablock to potentially diamond-bearing objects.

Key words: diamond-bearing territories, lithosphere, granitoids, potassium index, Precambrian, Ukrainian Shield.

Стаття надійшла до редколегії 09.09.2008

Прийнята до друку 30.10.2008