

твенно приурочені рудопроявлення Au, Ag, Mo і Cu і розвинуті в зонах кварцевого і кварц-сульфідного метасоматоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Половинкина Ю.Ир. Эффузивно-осадочные и магматические комплексы Украинского кристаллического массива. - М.: Госгеолтехиздат, 1954. - 178 с.
2. Усенко И.С. Метабазиты Кривого Рога // Украинский кристаллический массив. - Київ: Вид-во АН УРСР, 1947. - С. 158-165.
3. Акименко М.Н., Белевцев Я.Н., Горошников Б.И. и др. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна. - М.: Госгеолтехиздат, 1957. - 280 с.
4. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та поясн. зап.). - Київ: УкрДПІ, 2004. - 29 с.
5. Свительский Н.И., Фукс Э.К., Половинкина Ю.Ир. и др. Железорудное месторождение Кривого Рога. - М.; Л.: ОНТИ, 1932. - 183 с.
6. Половинкина Ю.Ир. Стратиграфия, магматизм и тектоника докембрия Украинской ССР // Тр. лаб. геологии докембрия. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. - Вып. 2. - С. 44-70.
7. Семененко Н.П., Бойко В.Л., Сироштан Р.И. и др. Стратиграфия УРСР. Докембрий, Т. 1. - Киев: Наук. думка, 1972. - 348 с.
8. Семененко Н.П., Бойко В.Л., Бордунов И.Н. и др. Новые данные по соотношению осадочно-вулканогенных пород Криворожско-Кременчугской и Базавлук-

ской зон с гранитами // Новые данные абсолютной геохронологии (XVII сес.). - М.: Наука, 1974. - С. 47-68.

9. Семененко Н.П., Ладиева В.Д., Бойко В.Л. и др. Метабазитовые и кератофировые формации центральной части УЩ. - Киев: Наук. думка, 1982. - 376 с.
10. Усенко И.С. Нові дані про вікові взаємовідношення зеленокам'яних порід Криворіжжя з вміщуючими їх плагіоклазовими гранітами і аркозами // Геол. журн. - 1939. - Вип. 4. - С. 243-252.
11. Доброхотов М.Н. Схема стратиграфии докембрия Украинского щита // Сов. геология. - 1967. - № 6. - С. 17-25.
12. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницький Е.Н. и др. Возраст осадочно-вулканогенных формаций Восточно-Анновской полосы // Докл. АН УССР. Сер. Б. - 1989. - № 2. - С. 30-35.

РЕЗЮМЕ

За результатами проведених досліджень зроблено висновок про подібність двох різноплановоорієнтованих товщ метабазитів і про можливість виділення їх в самостійну метабазитову серію.

SUMMARY

Basing on performed investigations the conclusion about identify of two differently oriented strata and possibility of their emphasizing as an independent metabasite series.

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины, г. Киев.

УДК 552.1 : 550.4 : 549: 553.2

Л.С. ГАЛЕЦЬКИЙ, О.О. РЕМЕЗОВА, М.М. КОМСЬКИЙ, Б.А. МАРИНОВИЧ

ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧНА МОДЕЛЬ ФЕДОРІВСЬКОГО ТИТАНОНОСНОГО ІНТРУЗИВУ (ЗА ГЕОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИМИ ДАНИМИ)

Найважливіші титаноносні інтрузії габро, з якими пов'язані найбільш перспективні родовища титану в Україні, розташовані в межах Коростенського плутону. Нами на основі геолого-геохімічних, геофізичних та ін. даних побудована геолого-генетична модель інтрузиву, яка відображає надходження кількох порцій магми в камеру. В межах кожної з пачок виділені по 3-4 горизонти. Чітка шаруватість масиву - це прямий наслідок складного поєднання конвективних потоків, гравітаційної сегрегації та відмінності термодинамічних умов кристалізації. Виявлені закономірності дозволяють виділити найбільш продуктивні горизонти (зони рудоконцентрації) для комплексного освоєння.

ВСТУП

Україна має потужний потенціал титанових руд, запаси яких складають 20 % світового балансу. Основною вітчизняної титанової галузі сьогодні є розсіпні родовища ільменіту, які з їх вичерпуванням необхідно буде замінювати на нові об'єкти. Перспективними родовищами титану в світі вважаються корінні руди, пов'язані з розшарованими інтрузивами. В межах України найбільш важливі титаноносні інтрузії габро розташовані в межах Коростенського плутону і приурочені до першої фази його становлення. Вони були вперше досліджені в 80-90-ті роки ХХ ст., однак тоді були виявлені лише загальні закономірності їх будови.

Переважно інтрузії складаються з трьох типів порід: лейко-, мезо- і меланократових габроїдів і мають тенденцію до розшарування, причому можливе

виділення верств різного рівня. Останнім часом активно проводяться дослідження подібних розшарованих інтрузій у різних частинах світу, про що свідчить виділення цієї тематики як окремого симпозиуму в рамках 33 Міжнародного геологічного конгресу (6-14 серпня 2008 р., м. Осло, Норвегія). При цьому в більшості випадків ми маємо справу з прихованою розшарованістю, зазвичай і в масивах, де вона на перший погляд відсутня. Тож розшарування титаноносних (у т. ч. й потенційно) габроїдних інтрузивів, є їхньою типовою особливістю.

За світовим досвідом, існує прямий зв'язок масштабу рудоносності титаноносних інтрузій з їхньою диференційованістю: чим більше диференційовані інтрузиви, тим вони рудоносніші. Тож дослідження розшарування таких об'єктів має й велике практичне значення. Геолого-генетичні моделі цих

масивів можуть бути побудовані на основі концепції розшарування у магматичних камерах.

Об'єкт досліджень. Як об'єкт, на прикладі якого створюється геолого-геохімічна модель, нами обрано Федорівське інтрузивне тіло титаноносних габроїдів, найбільш детально охоплене геологорозвідувальними роботами. У 1966-1970 рр. М.І. Хворов під час знімання аркушу М-35-58-Б, виявив гравітаційні аномалії інтенсивністю 3 мТл в районі с. Федорівка. Пробурені свердловини розкрили рудні габроїди. В 1982 р. під час пошукових робіт виявлене фосфор-титанове зруденіння. Надалі Федорівське родовище титану було досліджене С.К. Швайберовим в 1983-1989 рр. під час пошукових робіт на титан в межах Коростенського плутону та під час розвідки 2002 р.

В роботах [1, 2, 5, 6] розглядається геологічна будова Федорівського інтрузиву, відмічено поділ його на три пачки порід та виділено найбільш рудні горизонти в межах однойменного фосфор-титанового родовища. У статтях [2, 5] охарактеризовано петрохімічні особливості порід Федорівського інтрузиву, зроблено висновки щодо його геохімічної спеціалізації та наведено основні риси процесів, які відбувались у магматичній камері та призвели до формування цього тіла. В роботі [3] вперше досліджені варіації хімічного складу основних рудних мінералів Федорівського родовища титану і фосфору - ільменіту і титаномагнетиту, що дозволило встановити наявність в розрізі масиву нижньої приконтактової і верхньої приконтактових зон. Також на підставі дослідження особливостей хімічного складу мінералів зроблено висновок про наявність декількох фаз укорінення розплаву в камеру кристалізації, оцінено умови кристалізації габроїдів Федорівської інтрузії. Порівняння Федорівського тіла титаноносних габроїдів з іншими розшарованими інтрузивами Коростенського плутону та процеси, що призвели до їх утворення, висвітлені в [4]. Однак процеси у магматичній камері охарактеризовані в цих роботах ще не повністю, не була виділена прихована шаруватість у масиві.

Просторове положення Федорівського родовища усередині Коростенського плутону визначається приуроченістю до крупного Володарськ-Волинського масиву основних порід і системи деформацій Тетерівського глибинного розлому, що протягується з півночі на південь через всю територію Володарськ-Волинського масиву. У плані розлом має потужність від 3 до 6 км.

У межах Тетерівської зони виділяється окреме Федорівське магматичне тіло основних порід, що простягається на відстань 3,6 км під невеликим кутом до Тетерівського глибинного розлому. За даними геологічної моделі Федорівського інтрузиву, виконаної *Micromine Consulting* в 2003 р., Тетерівська розломна зона контролює регіональне положення Федорівського магматичного тіла, але не впливає на його внутрішню будову. Такий висновок підтверджується будовою іншої, Видибірської малої інтрузії, яка також контролюється Тетерівською зоною.

Федорівська інтрузія має північно-східне простягання і жолобоподібну форму. Падіння бокових бортів назустріч один одному - 23° і 85°. Лінія дна нерівна, звивиста, з поступовим зануренням з півдня (де вона виходить на рівень ерозійного зрізу) на пів-

ніч до глибини 322 м. Рудне тіло простежене у північно-східному напрямку на 3,7 км при ширині 0,2-0,5 км. У межах Федорівського титаноносного інтрузиву за результатами попередніх робіт виділено три пачки порід. Верхня пачка (максимальна потужність 110 м) - це дрібно-середньозернисте габро, нижче залягають більш меланократові відміни (потужність пачки становить від 40-50 до 130-140 м), ще нижче - лейкогабро, яке часто перешаровується з мезо- та меланократовими відмінами. Інколи в межах цих пачок розрізняють крайові зони. Така будова характерна для Федорівського та інших інтрузивів Коростенського плутону.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Нами на основі статистичної обробки геохімічних даних (визначення основних параметрів розподілу малих і рудних елементів, застосування факторного аналізу), петрографічних описів шліфів, порід та даних магнітного каротажу розвідувальних свердловин виділено понад 10 верств в межах Федорівського інтрузиву, які характеризуються певними рівнями збагачення на TiO_2 та P_2O_5 , відрізняються за мінералогічним складом, геофізичними, геохімічними та іншими параметрами (рис. 1).

Для верств 1-3 характерні мінімальні значення вмісту Cu, Zn, що пов'язане з виділенням сульфідів з магматичного розплаву. В межах горизонту 4 розташовані максимуми вмісту інших елементів: Cu, Zn, середні значення Co, Ti, Mn, Zr. Максимальний вміст Zr спостерігається у верстві 7. В титаномагнетитах виявлено вміст V_2O_5 в межах 0,238-2,057 %, при цьому максимальний вміст характерний для титаномагнетитів з верств 2, 4, 7. Відзначено також вміст Sc - до 100 г/т, який зростає в напрямку придонної частини інтрузії. Свої особливості геохімічного складу характерні і для інших верств.

В результаті аналізу геолого-геохімічних та геофізичних даних модель утворення Федорівської титаноносної інтрузії виглядає так. Процес укорінення магми уявляється як багатостадійний. Спочатку простір, який займає сучасне Федорівське тіло, був заповнений однорідним матеріалом, вмісні породи були еродовані та переміщені. В межах розломної зони формувалась магматична камера за рахунок розсування стінок, у якій внаслідок температурного градієнта генерувалися конвекційні магматичні потоки. Вони піднімалися у верхню частину камери, де мали розходитися у напрямку бокових стінок і де відбувалось найбільш інтенсивне охолодження розплаву, кристалізувались плагіоклаз, олівіни, піроксени. Новоутворені кристали переносилися конвекційними потоками у крайові частини камери, вздовж яких опускались у низхідних частинах конвекційних потоків. Разом із охолодженими потоками рідини кристали посувалися тут до найбільш заглибленої центральної частини камери. На цьому шляху відбувалася гравітаційна диференціація утворених кристалів, наслідком якої було переважне осадження важких олівінів й піроксенів. Значно менш щільний плагіоклаз здебільшого мав переміщуватись з конвекційним потоком далі, до центру камери. У найглибшій і найгарячій частині камери, відбувалося часткове плавлення у кашоподібній рідині, переважно найбільш легкоплавких зерен. Тож виникала, загалом, тенденція до поступового

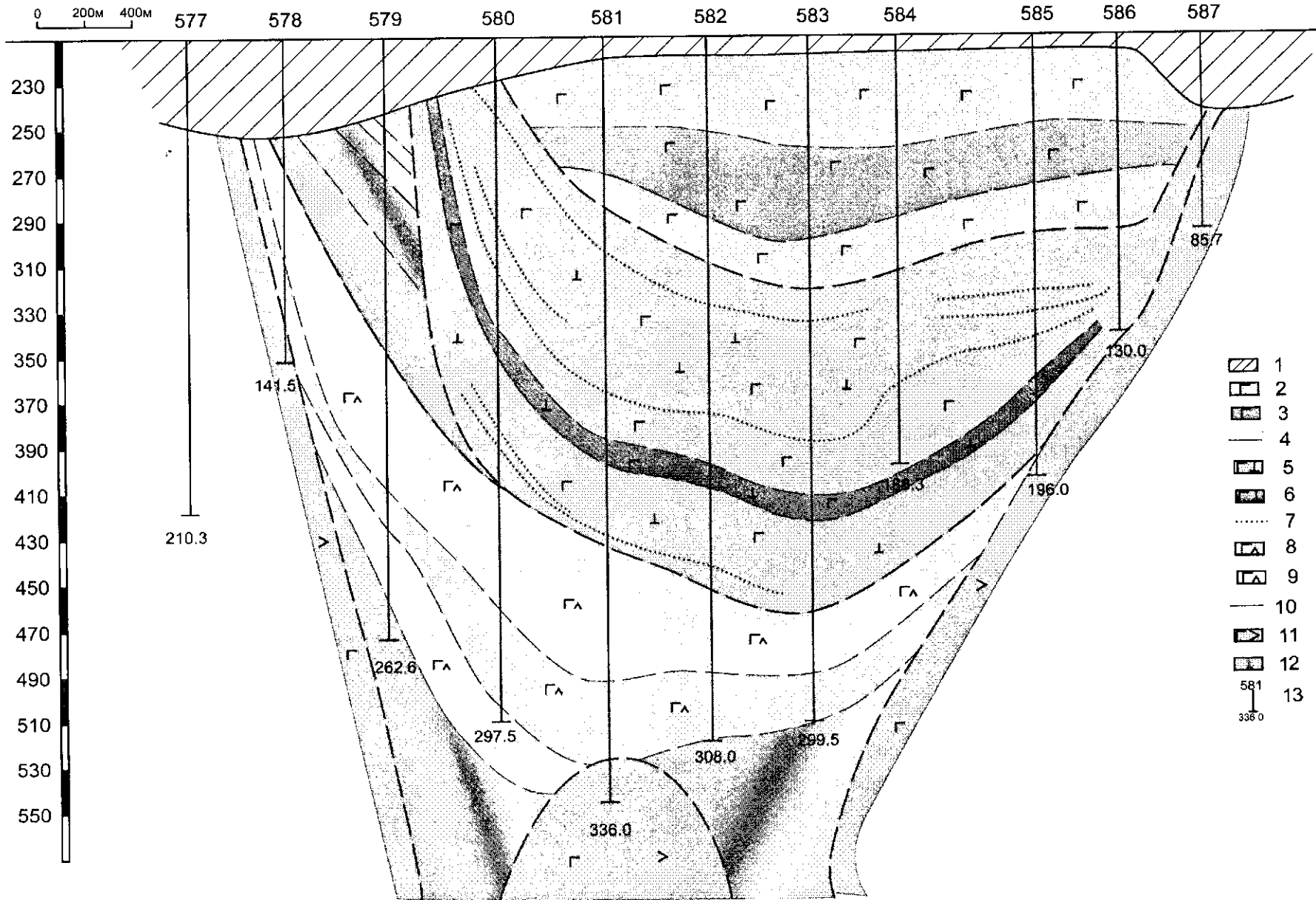


Рис. 2. Схематичний геологічний розріз Федорівської розширеної інтрузії (профіль 57 + 100).
 Умовні позначення: 1 - осадові породи. Верхня зона: 2 - габро середньо-дрібнозернисте; 3 - маркуючий горизонт, 4 - межі між прошарками. Середня зона: 5 - габро-перидотити, 6 - маркуючий горизонт, 7 - межі між прошарками. Нижня зона: 8 - габро крупно-середньозернисте лейкократове, 9 - маркуючий горизонт, 10 - межі між прошарками, 11 - габро-анортозити (вмісні породи). 12 - гіпотетичні корені інтрузії (розширена серія ?). 13 - свердловина, номер та глибина, м

збагачення розплаву легкоплавкими компонентами. Цей гарячий розплав знов підіймався у верхню частину камери, охолоджувався і збагачувався кристалами. Таким чином, у нижній частині камери переважали кольорові мінерали - порода, що тут утворилася, є найбільш основною (габро-перидотити). Ця частина магматичного тіла виявилася й найбільш збагаченою ільменітом.

З часом ця тенденція призвела до суттєвого збільшення частки легкоплавкого матеріалу в магмі, яка залишалася на той момент. Тоді вже переважно формувалися основні породи - габро верхнього горизонту. Досить чітко зафіксована розшарованість більш високого порядку свідчить про виявлення нестационарності складних процесів становлення інтрузивного тіла.

Утворення верхнього - основного й середнього (на той час ще нижнього) - ультраосновного горизонтів інтрузії з єдиної магматичної маси однієї фази її вкорінення яскраво підтверджується подібністю їх геохімічної спеціалізації. Насамперед - наявності промислово значимого вмісту фосфору (разом із титаном).

Друга фаза вкорінення визначила становлення порід нижнього горизонту - габро, лейкогабро, з досить чітко проявленим розшаруванням, насамперед чергуванням порід з переважним вмістом плагіоклазів - кольорових мінералів (рис. 2). Усі ці різновиди, однак, відзначаються стабільно невисоким вмістом фосфору, і це чітко відрізняє їх від продуктів першої фази, що складають середній й верхній горизонти.

У центральній частині створювались умови для гравітаційної диференціації, а також діяли пульсаційні конвективні потоки. Кристали плагіоклазу захоплювались потоками магми в боковій крайовій частині камери і знаходилися у завислому стані. Тому в межах тіла спостерігаються зони, збагачені на плагіоклаз - горизонти 2, 5, 9. Останній з них - кристалічний осад, кумулат. Такі скупчення кристалів часто помітні в зразках поблизу контактів тіла з вмісними габро-анортозитами. В крайових зонах часто формувались високошвидкісні потоки, тут спостерігається коса верстуватість (рис. 2). На процеси відкладання кристалів також впливали різні температурні градієнти в межах камери.

Рудні мінерали є найбільш чутливими індикаторами змін умов кристалізації інтрузиву. Найбільш збагачений на ільменіт середній горизонт (верстви 4-6). За аналогією з іншими масивами Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів [7] можна уявити наявність лінз багатих ільменітових руд, які потребують додаткових досліджень. Для апатиту характерні більш складні закономірності розподілу: найбільш збагаченим виявився горизонт 4. Це пов'язано з високою рухливістю фосфору, який входить до складу цього мінералу. Мінімальний вміст апатиту характерний для нижніх верств. У шліфах з нижніх горизонтів інтрузії зустрічається кварц, калієвий польовий шпат, що вказує на гідротермальні процеси обробки за рахунок магматичних флюїдів. Однак, порівняно з іншими інтрузіями району, цей процес проявлений слабше. Зміни по розрізу вмісту олівіну та піроксену носять пульсаційний характер, однак найменше цих мінералів міститься в горизонті 9, де скупчувався кристалічний осад переважно з плагіоклазів.

ВИСНОВКИ

Таким чином, нами побудована геолого-генетична модель інтрузиву, яка відображає надходження кількох порцій магми в камеру, що корелює з даними дослідження рудних мінералів масиву, викладеними в роботі [3]. В межах кожної з пачок виділені по 3-4 горизонти. Чітка шаруватість масиву - це прямий наслідок складного поєднання конвективних потоків, гравітаційної сегрегації та відмінності термодинамічних умов кристалізації. Шаруватість є прихованою, що характерно для багатьох подібних інтрузій світу. Розшарованим інтрузивам властива наявність більш збагачених рудними мінералами прошарків та лінз. Виявлені закономірності дозволяють виділити найпродуктивніші горизонти (зони рудоконцентрації) для комплексного освоєння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ремезова О.О. Проблеми дослідження розшарованих інтрузивних тіл Українського щита // Геолого-мінерал. вісник. - 2005. - № 1. - С. 61-67.
2. Ремезова О.О. До питання вивчення петрохімічних особливостей та генезису габроїдів Федорівського розшарованого тіла // Форум гірників - 2005. Матеріали міжнар. конф. 12-14 жов. 2005 р. - Дніпропетровськ, 2005. - Т. 4. - С. 27-33.
3. Шумлянський Л.В., Дюшен Ж.-К. Рудні мінерали Федорівського родовища фосфору та титану // Наук. праці ін-ту фонд. досліджень. - К.: Логос, 2005. - В. 9. - С. 65-83.
4. Галецький Л.С., Ремезова О.О. Титанові руди України // Геолог України. - 2007. - № 3. - С. 51-61.
5. Висоцький О.Б., Швайберов С.К., Висоцький Б.Л. Федорівське апатит-ільменітове родовище та деякі питання його геохімії та петрології // Мінеральні ресурси України. - 2008. - № 3. - С. 22-26.
6. Prykhodko V.L., Vysotskiy B.L., Shvajberov S.K. et al. Fedorivske apatite-ilmenite deposit // Main types of rock complexes and mineral deposits in the Ukrainian Shield. Geological excursion guidebook. - Kyiv: Geographica, 2002. - P. 35-38.
7. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. - Т.1.: Металлические полезные ископаемые // Гурский Д.С., Есичук К.Е., Калинин В.И. и др. - К.-Львов: Центр Европы, 2005. - 785 с.

РЕЗЮМЕ

Важнейшие титаноносные интрузии габро, с которыми связаны наиболее перспективные месторождения титана в Украине, расположены в пределах Коростенского плутона. На основании геолого-геохимических, геофизических и других данных построена геолого-генетическая модель интрузива, отображающая поступление нескольких порций магмы в камеру. В пределах каждой из пачек выделено по 3-4 горизонта. Четкая слоистость массива - прямое следствие сложного сочетания конвективных потоков, гравитационной сегрегации и отличий термодинамических условий кристаллизации. Выявленные закономерности позволяют выделить наиболее производительные горизонты (зоны рудоконцентрации) для комплексного освоения.

SUMMARY

The most essential titanium-bearing intrusions of gabbro with which the most perspective deposits of titanium in Ukraine are associated, become localized on Korosten' pluton. On the basis of geologic-geochemical, geophysical and other data we create geologic-genetic model of intrusion, which represents the inflow of a few portions of magma in a chamber. Within the limits of each of packs 3-4 horizons were selected. The clear stratification of massif is direct consequence of complicated combinations of convective streams, gravitation segregation and difference of thermodynamics

conditions of crystallization. The ascertained mechanism allow to select the most productive horizons (areas of ore-concentration) for the complex development.

Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ

Державна геологічна експертиза проектів та кошторисів, м. Київ

*e-mail: geos@geolog.kiev.ua;
remezova@geolog.kiev.ua*

УДК 550.93

Т.И. ДОВБУШ, Л.М. СТЕПАНЮК, Е.Е. ШЕСТОПАЛОВА

КРИСТАЛЛОГЕНЕЗИС И ВОЗРАСТ ЦИРКОНА ИЗ ГАББРОИДОВ КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСКОГО ПЛУТОНА (УКРАИНСКИЙ ЦИТ)

Изучены анатомия кристаллов и состав включений в цирконах из габброидов двух крупных массивов Корсунь-Новомиргородского плутона, на основании чего делается вывод о позднемагматической кристаллизации циркона. Уран-свинцовым изотопным методом по цирконам установлено, что анортозит Новомиргородского массива был сформирован $1750,2 \pm 0,9$ млн лет назад, а габбро-монзонит Городищенского - $1752,8 \pm 6,5$. На основании минералогических исследований циркона и изотопного состава стронция делается вывод о нижнекоровом источнике этих пород.

ВВЕДЕНИЕ

Последние два десятилетия геологи уделяют много внимания проблеме образования габбро-анортозит-рапакивигранитных комплексов, что связано с их потенциальной металлоносностью. Значительный вклад в современное понимание природы этой ассоциации был внесен благодаря применению изотопного датирования. Надежные геохронологические данные позволяют выполнять корреляции магматических процессов как на региональном, так и на глобальном уровнях. Достигнутая точность уран-свинцового датирования, с ошибкой порядка 1-2 млн лет (на уровне 2σ), позволяет расшифровать временную последовательность формирования этих комплексов [1], что накладывает определенные ограничения на петрологические модели.

На Украинском щите (УЩ) породами габбро-анортозит-рапакивигранитных комплексов сложены два крупных плутона: Коростенский и Корсунь-Новомиргородский. Геохронология Коростенского плутона изучена [1] сравнительно детально, тогда как для породного комплекса Корсунь-Новомиргородского плутона имеются всего две надежные изотопные даты.

Корсунь-Новомиргородский плутон (площадью больше 5000 км²) расположен в северной части Ингульского мегаблока УЩ. Плутон внедрен преимущественно в нижнепротерозойскую толщу глиноземистых гнейсов ингуло-ингулецкой серии, мигматизированную гранитами кировоградского типа, и лишь в южной части контактирует с порфирированными гранитами Новоукраинского массива. Плутон сложен широкой гаммой пород, среди которых наибольшее распространение имеют граниты (75-80 %), при подчиненном развитии основных (10-15 %) и весьма незначительном - щелочных (3-5 %).

Кислые породы - граниты группы рапакиви - обра-

зуют два крупных массива - Корсунь-Шевченковский и Шполянский, разделенные между собой телами пород основного состава. Центральные части массивов слагают обычно крупноовоидные граниты рапакиви, сменяясь к периферии среднеовоидными, а вблизи контакта с основными породами они часто переходят в мелко- и безовоидные разновидности (рапакивиподобные граниты).

Породы основного состава представлены анортозитами, габбро-норитами, габбро, норитами, оливиновыми норитами, значительно меньше распространены троктолиты, пироксениты, перидотиты. Они образуют в составе плутона ряд массивов площадью до 700 км² (Новомиргородский, Смелянский, Городищенский, Маловисковский, Междуреченский) и ряд более мелких тел. При этом более половины выходов основных пород приходится на анортозиты и около четверти - на габбро-анортозиты. Ряд исследователей полагает, что все они являются фрагментами некогда единого крупного массива, расчлененного впоследствии внедряющимися гранитоидами на разобщенные тела [2].

Основные породы (анортозиты) характеризуются весьма выдержанным набором породообразующих минералов, среди которых присутствует оливин (ед. зерна - 2 %), моноклинный пироксен (ед. зерна - 3 %), ортопироксен (чаще всего в виде ламелей ферропироксена), плагиоклаз (преобладает от № 45 до 50, редко № 55, иногда № 35-49). Кроме того, в анортозитах практически всех массивов наблюдаются небольшие количества калиевого полевого шпата и кварца, расположенных в интерстициях. Рудные минералы представлены ильменитом, сульфидами. Из аксессуарных минералов наиболее распространен апатит, в меньшем количестве встречается циркон.

Ранее уже предпринимались попытки определения возраста магматических образований массива с по-