

Мінералізація графіту є епігенетичною по відношенню до вмисних порід. Процес формування графіту супроводжував крихкі деформації порід. На початку деформаційного процесу графіт є нерівноважний з кварцом: кварц розчиняється або перекристалізується за механізмом збірної перекристалізації зі збільшенням розміру зерен. Наприкінці деформаційного процесу під час відкривання крихкі тріщини виповнюються кварцовими жилами. Графіт формується в асоціації піротин + магнетит + алюмоселадоніт + Mg-Fe змішаношаруваті силікати.

ВИСНОВКИ

На основі результатів дослідження флюїдних включень та ізотопного складу вуглецю графіту висунуто гіпотезу, що графіт кристалізується з гідротермального розчину в результаті змішування двох флюїдів відмінного складу - розчину, збагаченого на HCO_3^- , що перебуває в рівновазі з карбонатними породами (мармури, кальцифіри), і $\text{CH}_4\text{-C}_2\text{H}_6\text{-H}_2\text{S}$ -вмісного розчину глибинного походження.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Войтович В.С.* Генезис Завальевского графитового месторождения // Геол. журн. - 1990. - № 2. - С. 138-144.
2. *Іванців О.Є.* Геологія та генезис графітових родовищ України. - К.: Наук. думка, 1972. - 134 с.
3. *Сивоконь В.І.* Про походження графітів Заваллівського родовища // Геол. журн. - 1958. - XVIII, вип. 6. - С. 39-46.
4. *Яценко В.Г.* Структурно-морфологические и генетические типы графита на примере месторождений Украинского щита: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. - Киев, 1996. - 253 с.
5. *Братусь М. Д., Белецька Ю.А., Деміхов Ю.О. та ін.* Флюїдний режим мінералогенезу та ізотопна природа компонентів флюїдів у вуглецьмістних комплексах Українського щита // Мінерал. зб. - 2004. - № 54, вип. 2. - С. 195-207.

6. *Загитко В.Н., Луговая И.П.* Изотопный состав графита в породах Украинского щита // Минерал. журн. - 1986. - 8, № 1. - С. 44-56.

7. *Шабо З.В.* Исследование условий образования графитов Украинского кристаллического щита по данным изотопного состава углерода: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. - Львов, 1975. - 34 с.

8. *Семененко Л.П.* Гранулиты и чарнокиты Украинского щита. - К.: Наук. думка, 1995. - 104 с.

9. *Щербаков И.Б.* Петрология Украинского щита. - Львов: ЗУКЦ, 2005. - 360 с.

РЕЗЮМЕ

Завальевское месторождение графита традиционно рассматривается как стратиформное. На основании анализа результатов макро- и микроскопических исследований предполагается, что минерализация графита является эпигенетической по отношению к вмещающим породам и связана с поздними хрупкими деформациями. Графит наблюдается в ассоциации пирротин + магнетит + алюмоселадонит + Mg-Fe смешаннослоистые силикаты ± доломит, кварц. Графит кристаллизуется из гидротермального раствора при смешивании двух флюидов разного состава - CO_2 -содержащего раствора, уравновешенного с карбонатными породами, и $\text{CH}_4\text{-C}_2\text{H}_6\text{-H}_2\text{S}$ -содержащего раствора, поступающего из глубинных источников по разлому.

SUMMARY

Mineralization of graphite is epigenetic with respect to the hosted rocks and related with later brittle deformations. Graphite forms in association pyrrhotite + magnetite + aluminoceladonite + Mg-Fe mixed-layered silicates. Graphite precipitates from hydrothermal solution due to mixing of CO_2 -bearing fluid from carbonate rocks and deep $\text{CH}_4\text{-C}_2\text{H}_6\text{-H}_2\text{S}$ -bearing fluids.

Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів
e-mail: geomin@geof.franko.lviv.ua

УДК. 550.93

Н.П. ЩЕРБАК, Л.М. СТЕПАНЮК, А.Н. ПОНОМАРЕНКО

ПРОБЛЕМЫ ГЕОХРОНОЛОГИИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Выделено четыре группы проблем геохронологии Украинского щита, обусловленных, преимущественно, не учетом возможностей и ограничений методов изотопного датирования, что продемонстрировано на породных комплексах региона. Намечены пути решения основных нерешенных вопросов в геохронологии Украинского щита.

В результате отсутствия органических остатков в раннедокембрийских высокометаморфизованных супракрустальных и, тем более, магматических образованиях для определения их возраста пригодны лишь методы изотопного датирования. Поэтому большинство проблем в геохронологии Украинского щита (УЩ) обусловлены, в первую очередь, ограничениями, которые имеются у методов изотопного датирования в целом, и применением имеющегося арсенала этих методов к конкретным геологическим объектам в частности.

В ходе изотопно-геохронологических исследований возникают два аспекта, первый из которых связан с аналитической процедурой получения цифровых значений возраста, второй - с геолого-геохронологической интерпретацией получаемых возрастов, т. е. с переносом получаемых цифровых значений возраста на время протекания конкретных эндогенных геологических событий.

Радиогеохронологические исследования пород УЩ продолжаются больше 50 лет. Главным достижением этих работ, на наш взгляд, является "Корре-



Рис. 1. Микрофотография срезов кристаллов циркона из монцодиорита Новоукраинского массива, поляризационный микроскоп, николи +, ув. 240 раз

ляционная хроностратиграфическая схема раннего докембрия УЩ". Однако технический прогресс не стоит на месте, и за это время значительно усовершенствовались аналитическое оборудование и методические приемы, что заметно снизило влияние ана-

литической процедуры (первый аспект) на достоверность получаемых результатов. Это можно продемонстрировать на уран-свинцовом изотопном методе. Так, если в 1970-е гг. на один анализ геохронологии использовали около 1 г циркона, то сейчас - 0,5-2 мг, что позволяет отбирать на анализ более чистые и однородные кристаллы. Почти на порядок уменьшилась продолжительность изотопного анализа и возросла его точность. Если на масс-спектрометре МИ-1309 - основном приборе 1970-х гг. - относительная погрешность измерения составляла около 0,2 %, то на современном 8-коллекторном масс-спектрометре МИ-1201 АТ - 0,02 %. Низкая точность датировок, выполненных до середины 1980-х гг., не удовлетворяет современным требованиям и во многих случаях не позволяет использовать их в настоящее время.

Вторым важным моментом в уран-свинцовом изотопном датировании является понимание того, что циркон также подвержен влиянию наложенных эндогенных процессов. При этом достаточно часто мы имеем дело с кристаллами сложного строения, образованными в несколько разорванных во времени этапов кристаллизации (рис. 1), что для многих породных комплексов не было выявлено и не учитывалось даже в начале 1980-х гг. Это имеет решающее значение не только для интерпретации цифровых значений возраста, а должно учитываться уже на стадии выбора объекта и метода датирования. Сложные кристаллы необходимо датировать с помощью локальных методов по зонам роста кристаллов, образовавшихся в результате проявления конкретных эндогенных процессов, например, на ион-ионном микронзонде.

И, наконец, циркон, самый важный минерал-геохронометр, хотя и является довольно широко распространенным минералом, отсутствует в породах ультраосновного состава, в большой группе пород основного состава и даже во многих эффузивах среднего состава.

По нашему мнению, именно отмеченное выше обусловило нынешние проблемы в геохронологии УЩ, которые мы для большей наглядности разделили на четыре группы:

1. Возрастное положение породных комплексов недостаточно точно определено из-за низкой точности имеющихся изотопных датировок (бердичевский, гайсинский, корсунь-новомиргородский, саксаганский, токовский и др.).

Так, для гранитоидов бердичевского комплекса, во всяком случае, для литотипических пород, распространенных в районе г. Бердичев - г. Чуднов, датировки были выполнены в 70-80-е гг. прошлого века и укладываются в интервале 2,2-1,9 млрд лет. Для гранитоидов гайсинского комплекса можно найти единичные уран-свинцовые анализы лишь в "Каталоге изотопных дат" [1], изданном в 1975 г. Для пород Корсунь-Новомиргородского плутона диапазон возрастных значений находится в интервале 1845-1720 млн лет [10], что превышает 120 млн лет, тогда как для его аналога - Коростенского плутона - 1790-1750 млн лет [10], всего 40 млн лет. Еще больший возрастной интервал времени формирования гранитов токовского комплекса - 2856-2697 млн лет [10]. Такая продолжительность процессов магматизма вряд ли возможна даже для раннего докембрия с его более

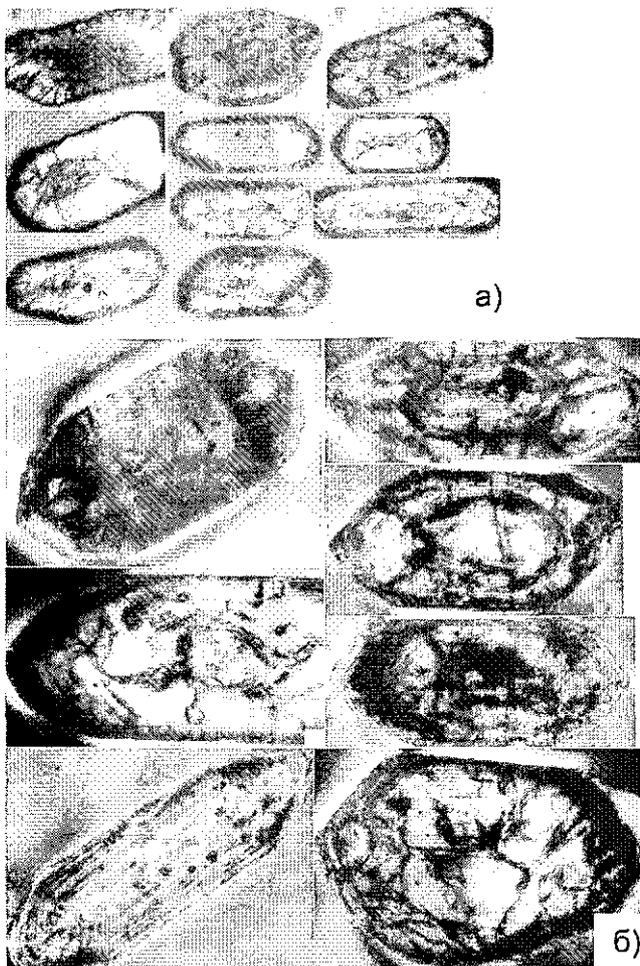


Рис. 2. Микрофотография срезов кристаллов циркона из эндебита литинского комплекса (а), гранита Добропольского массива (б), поляризационный микроскоп, николи +, ув. 300 раз

высокой энергетикой эндогенных процессов, по сравнению с фанерозойским этапом развития Земли, продолжительность процессов магматизма которого составляет миллионы лет.

2. Возрастное положение породных комплексов недостаточно точно определено из-за ненадежности изотопных датировок, обусловленных сложностью (полиэтапностью формирования) кристаллов циркона (литинский, гайворонский, добропольский, ингулецкий, ташлицкий и др.).

Наиболее показательны в этом отношении гранитоиды литинского и добропольского комплексов. Гранитоиды обоих комплексов были датированы уран-свинцовым изотопным методом по цирконам, кристаллы которых представлены несколькими генерациями (рис. 2, а, б). Возраст литинских [4] и добропольских [9] гранитоидов некорректно был принят по верхнему пересечению конкордии дискордией. Последующими исследованиями цирконов и монацитов, сингенетичных антипертитовым эндебитам литинского комплекса, с помощью уран-свинцового изотопного метода, получены конкордантные значения возраста - 2044-2060 млн лет [8], весьма близкие к значению нижнего пересечения дискордии с конкордией (2,0 млрд лет), построенной по валовым пробам цирконов. Таким образом, возраст эндебитов характеризует нижнее, а не верхнее пересечение конкордии дискордией, построенной по валовым пробам цирконов [4].

Несколько сложнее история развития уран-свинцовой изотопной системы цирконов гранитоидов добропольского комплекса. Как показало уран-свинцовое изотопное датирование цирконов по зонам роста кристаллов на ион-ионном микрозонде *Shrimp II* [7], в середине кристаллов циркона присутствуют разновозрастные ядра возрастом от 3,3 до 2,6 млрд лет, на которые нарастает тонкозональный синпетрогенный граниту циркон возрастом 2,1 млрд лет. При этом уран-свинцовая изотопная система последнего несколько нарушена, чем и объясняется числовое значение нижнего пересечения дискордии с конкордией (~ 1,1 млрд лет) [9], не имеющее геологического смысла.

3. Возрастное положение породных комплексов определено условно из-за отсутствия датировок (большинство супракристалльных образований, за исключением зеленокаменных толщ, в составе которых есть эффузивы кислого состава, интрузивные базит-ультрабазитовые комплексы, например сабаровский, капитанско-деренюхинский, юровский, райпольский, гайчурский, сорокинский, большинство дайковых комплексов).

В ряде случаев (в частности бугская серия), уран-свинцовым изотопным методом определена нижняя (по кластогенному циркону) и верхняя (по наложенному монациту) возрастные границы - 2836 ± 30 и $1857 \pm 1,1$ млн лет соответственно [6], однако учитываемый огромный возрастной интервал почти 1 млрд лет, полученные ограничения возрастного положения бугской серии не удовлетворяют современным требованиям, поэтому необходимы дальнейшие исследования.

4. Возрастное положение, часто состав породных комплексов спорно в силу расхождений методологических подходов геологов разных научных школ (наиболее острой проблемой является понимание геологии породного комплекса Днестровско-Бугского мегаблока).

В настоящее время существуют две основные точки зрения на геологию суперкристалльных образований Днестровско-Бугского мегаблока. Официальная точка зрения отображена в "Корреляционной хроностратиграфической схеме раннего докембрия Украинского щита" (2004), согласно которой выделяется палеоархейская днестровско-бугская и неоархейская бугская серии. Вторая концепция была предложена Е.М. Лазько с соавторами [5] и получила дальнейшее развитие в работах В.П. Кирилюка [2, 3] и Г.М. Яценко [11], основным отличием которой является положение о непрерывности разреза породного комплекса и, кроме того, вниз разреза положены метаморфические породы кинцигитовой формации (березнинская свита), которая в Схеме (2004) завершает разрез днестровско-бугской серии.

Нам представляется, что ситуацию можно исправить, если: 1. Улучшить методологию датирования: более тщательно проводить полевые исследования и геохронологическое опробование. Это значительно упростит геолого-геохронологическую интерпретацию цифровых значений возраста, снизит вероятность получения некорректных значений возраста, значительно уменьшит необходимые объемы датирования.

Вторым этапом датирования должны быть детальные петрографические, оптико-минералогические и микрозондовые исследования объектов датирования. Это, в первую очередь, касается цирконометрии, что

позволит виявлять полигенные кристаллы и выбирать адекватный метод датирования, а самое главное, значительно снизит субъективный момент при геолого-геохронологической интерпретации изотопных дат.

2. Интенсифицировать датирование классическим уран-свинцовым изотопным методом пород, содержащих минералы-геохронометры (циркон, монацит, ортит и др.), сингенетичные породе, кристаллы которых сформировались в результате проявления одного эндогенного процесса. Кристаллы циркона сложного строения необходимо датировать с помощью локальных методов - на ион-ионных микрозондах, например *Shrimp*. Порода, не содержащая уранвмещающих минералов, следует датировать рубидий-стронциевым и (или) самарий-неодимовым изотопными методами; не измененные - путем построения минеральных изохрон, а измененные - построением изохрон по валовым пробам когенетичных пород. В отдельных случаях для неизмененных пород можно применить аргон-аргоновый метод.

3. При проведении полевых наблюдений шире применять методы структурного анализа для расшифровки структуры, РТ условий и последовательности проявления эндогенных геологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каталог изотопных дат пород Украинского щита / Н.П. Щербак, В.Г. Злобенко, Г.В. Жуков и др. - Киев: Наук. думка, 1978. - 224 с.
2. Кирилюк В.П. Стратиграфия докембрия западной части Украинского щита (на формационной основе). Ст. 1. Стратиграфические комплексы докембрия и формации раннего архея // Геол. журн. - 1982. - 42, № 3. - С. 88-103.
3. Кирилюк В.П. Стратиграфия докембрия западной части Украинского щита (на формационной основе). Ст. 2. Формации позднего архея и протерозоя и сводная стратиграфическая схема. // Геол. журн. - 1982. - 42, № 4. - С. 30-42.
4. Лесная И.М. Геохронология чарнокитоидов Побужья. - К.: Наук. думка, 1985. - 133 с.
5. Лазько В.М., Кирилюк В.П., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. Нижний докембрий западной части Украинского щита (возрастные комплексы и формации). - Львов: Вища шк., 1975. - 239 с.
6. Степанюк Л.М., Скобелев В.М., Довбуш Т.І., Пономаренко О.М. Уран-свинцевий ізотопний вік монациту

та кластогенного циркону із кварциту кошаро-олександрівської світи - вікові межі формування порід бузької серії // Зб. наук. праць УкрДПРІ. - 2004. - № 2. - С. 43-50.

7. Степанюк Л.М., Бобров О.Б., Шпильчак В.О. та ін. Нові дані про радіологічний вік гранітоїдів Добропільського масиву (Західне Приазов'я, Український щит). Ст. 3. Результати радіологічного датування // Там само. - 2007. - № 2. - С. 83-89.

8. Степанюк Л.М., Скобелев В.М., Довбуш Т.І., Пономаренко О.М. Ще раз про вік двопольовошпатових палінгенно-анатектичних чарнокітоїдів Побужья // Там само. - 2007. - № 4. - С. 49-55.

9. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницький Е.Н. и др. Косивцевская толща - фрагмент раннеархейских зеленокаменных поясов Украинского щита (Западное Приазовье) // ДАН УССР. Сер. Б. - 1990. - № 10. - С. 34-38.

10. Щербак Н.П., Бартницький Е.Н. Реперные изотопные даты геологических процессов и стратиграфическая схема докембрия Украинского щита // Геохимия и рудообразование. - 1995. - № 21. - С. 3-24.

11. Яценко Г.М. Нижний докембрий центральной части Украинского щита (Строение и металлогенические особенности формаций). - Львов: Вища шк., 1980. - 140 с.

РЕЗЮМЕ

Виділено чотири групи проблем геохронології Українського щита, обумовлених, переважно, не урахуванням можливостей і обмеженням методів ізотопного датування, що продемонстровано на породних комплексах регіону. Намічені шляхи розв'язання основних невирішених питань у геохронології Українського щита.

SUMMARY

Four groups of problems are distinguished in geochronology of the Ukrainian Shield, conditioned mainly not by not taking into account the possibilities and limitations of methods of isotopic dating, that is shown on the rock complexes of this region. Some ways for solution of basic problems in geochronology of the Ukrainian Shield have been outlined.

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины, г. Киев
e-mail: stepanuk@igmof.gov.ua