

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ, МИНЕРАЛОГИИ И РУДООБРАЗОВАНИЯ

На правах рукописи

УДК 550.4+552.11[552.42+552.43](477.4)

ПЛОТКИНА Татьяна Эдуардовна

ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОЛОГИЯ ЭНДЕРБИТО-ГНЕЙСОВ И  
КРИСТАЛЛОСЛАНЦЕВ ХАЩЕВАТО-ЗАВАЛЬЕВСКОГО  
БЛОКА УКРАИНСКОГО ШИТА

Специальность 04.00.02 - геохимия

04.00.08 - петрография,  
вулканология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Киев - 1994

На правах рукописи

Работа выполнена в Институте геохимии, минералогии  
и рудообразования НАН Украины

Научный руководитель - академик НАН Украины  
Н.П. ЩЕРБАК

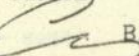
Официальные оппоненты - доктор геол.-минер. наук  
член-корр. НАН Украины  
Р.Я. БЕЛЕВЦЕВ (ИГМР НАНУ)  
- кандидат геол.-мин. наук  
доцент О.В. ЗИНЧЕНКО (КТУ)

Учреждающая организация - Государственное геологическое пред-  
приятие "Севукргеология" (г. Киев)

Защита состоится "22" ноябре 1994 г. в 10<sup>00</sup> час.  
на заседании специализированного совета Д 016.17.01 в  
Институте геохимии, минералогии и рудообразования НАН  
Украины (252680, г. Киев, пр. Палладина, 34)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Институ-  
та геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины  
(г. Киев, пр. Палладина, 34)

Автореферат разослан "14" октябре 1994 г.

Ученый секретарь специализированного совета  
доктор геолого-минералогических наук  В.П. СЕМЕНЕНКО

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00777095 (Z)

## ВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** В районе исследования развиты высокометаморфизованные гранулит-гнейсовые породы, среди которых в последние годы установлены архейские гранитоиды с возрастом 3.4 млрд. лет. Аналогичные породы в мировой литературе именуются "серыми гнейсами", возраст которых превышает 3 млрд. лет. Именно с появлением этих пород связывают возникновение континентальной коры.

Проблема генезиса этих пород по сути выливается в проблему возникновения первичных кислых образований на фоне раннепланетарного базитового магматизма и характеризует определенный качественный этап эволюции Земли.

**Цель исследования:** на основе детального и всестороннего изучения чарнокит-кристаллосланцевой ассоциации пород установить генетическую и возрастную последовательность геологических событий в районе развития гранулитового комплекса Хашевато-Завальевского блока Украинского щита.

### **Задачи исследования:**

- 1/ анализ геолого-генетических представлений по комплексу пород исследуемого района;
- 2/ детальное изучение особенностей породообразующих минералов;
- 3/ изучение типоморфных признаков цирконов и выявление их генетической природы;
- 4/ изотопное датирование пород и интерпретация геохронологических данных;
- 5/ петро- и геохимическая характеристика пород и ее применение к петрологическим моделям генезиса пород.

Фактической основой работы послужили материалы, собранные автором в 1988-1991 гг. во время обучения в аспирантуре и работы в отделе геохимии изотопов и радиогеохронологии ИГФМ АНУ.

Для изучения было отобрано более 47 опорных проб в каменноломях и береговых обнажениях по берегам реки Кижный Буг между селами Сальково и Завалье, для петрологической характеристики которых были выполнены спектральные, полные химические силикатные и рентген-флуоресцентные анализы. По трем представительным пробам выполнены масс-спектрометрические определения состава редкоземельных элементов.

Из 30 проб были выделены монофракции породообразующих, второстепенных и акцессорных минералов, по которым выполнено более 150 определений химического состава методом рентгено-спектрального микроанализа.

Петрографическое изучение пород выполнено с использованием 150 малых и 20 больших шлифов.

Выделенные по химическим и морфологическим особенностям разновидности циркона были проанализированы методом термо-ионной эмиссии без предварительной подготовки проб (14 определений), а представительные генетические типы цирконов методом изотопного разбавления с определением содержаний и изотопного состава урана и свинца (2 пробы).

#### **Защищаемые положения:**

1. Эндербито-гнейсы Хашевато-Завальевского блока Украинского щита представляют собой рассланцованные андезитовые и тоналитовые породы, возникшие в результате магматической дифференциации *in situ* по типу известково-щелочного вулканизма орогенных областей.
2. Двупироксен-плаггиоклазовые кристаллосланцы, составляющие

наряду с эндебитами основной петрографический фон района и относимые многими исследователями к суботрату комплекса, являются жильными дайкособразными телами, фиксирующими время основного магматизма на рубеже 2000 млн. лет назад.

3. Породы гранулитового комплекса Хашевато-Завальевского блока Украинского щита претерпели по крайней мере два этапа высокотемпературного метаморфизма, отличающихся условиями и масштабами проявления.

**Научная новизна.** Впервые среди эндебито-гнейсовой толщи Хашевато-Завальевской структуры выделены две генетически разновозрастные породы, представляющие собой расчлененные в процессе гранулитового метаморфизма андезитовые и тоналитовые породы; с помощью детального изучения включений циркона в кристаллосланцах доказано проявление основного магматизма на рубеже 2000 млн. лет назад; на основе глубокого изучения породообразующих минералов выявлено проявление двух этапов гранулитового метаморфизма, отличающихся термодинамическими условиями и масштабами проявления.

**Практическая ценность.** Результаты исследований явились составной частью отчета отдела геохимии изотопов и радиогеохронологии ИГЕМ АНУ по теме: "Геохронология и изотопная геохимия гранулит-гнейсовых и гранит-зеленокаменных комплексов Украинского щита" (1990), а также рекомендованы для уточнения стратиграфической схемы Днестровско-Бугского района Украинского щита.

**Апробация работы.** По теме диссертации опубликовано 3 и находится в печати 2 работы. Отдельные положения и результаты исследований докладывались на всесоюзном совещании "Изотопное датирование эндогенных рудных формаций" (г. Тбилиси, 1989), на VII вулканологическом и IX палеовулканологическом

симпозиуме "Вулканизм в структурах Земли и различных геодинамических обстановках" (г. Иркутск, 1992).

**Объем работы.** Диссертационная работа объемом 103 страницы машинописного текста состоит из введения, 5 глав и заключения, содержит 56 иллюстрации и 20 таблиц. Список литературы включает 166 наименований.

Работа выполнена под руководством академика НАН Украины Н.П. Щербака, которому автор выражает искреннюю благодарность за постоянную помощь и внимание.

Автор признателен за практическую помощь и консультации сотрудникам ИГМФ НАН Украины В.Н. Загнитко, Л.М. Степанюк, А.Н. Понсмаренко, И.М. Лесной, Г.В. Легковой, Н.К. Крамаренко, М.В. Ткаченко, А.В. Загнитко, Е.Н. Бартницкому и его лаборатории, А.В. Лукашуку, Г.Я. Терец, Л.Р. Нурмамедову и др.

## ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ РАЙОНА СРЕДНЕГО ПОБУЖЬЯ

Многочисленные геологические и петрографические исследования юго-западной части Украинского щита, в частности бассейна реки Южного Буга, берут начало с 30-х годов прошлого столетия. Но все они, ввиду сугубо описательного характера, имеют лишь историческое значение. Лишь в 20-е годы нашего столетия были установлены главные типы пород и сформировались генетические и стратиграфические представления.

Широким развитием в исследуемом районе пользуются кислые и основные породы, на тесную связь которых указывали и указывают в своих трудах все исследователи.

По вопросу происхождения данного комплекса пород су-

ществуют самые разнообразные и даже ультрапротивоположные точки зрения. Так одни исследователи считают данные образования первично-слоистой седиментационной толщей. По мнению других, данный комплекс пород представляет собой продукт инъекции и ассимиляции кислой магмой первично-осадочных пород (согласно одним авторам) или продуктов дезинтеграции основных эффузивов, переслаивающихся с нормальными осадочными породами (согласно другим авторам), или базитов габбрового и норитового составов (согласно третьим) с образованием гнейсо-мигматитового комплекса пород.

Часть исследователей считает данные образования метасоматическими породами, возникшими за счет щелочного и кремниевое метасоматоза, приведшего к интенсивной перекристаллизации габброидов, являющихся глубоко метаморфизованной спилитовой формацией.

Точка зрения о происхождении данного комплекса пород в результате регионального метаморфизма обоснована своим появлением тому, что чарнокиты и вмещающие их породы характеризуются чертами, отвечающими гранулитовой фации метаморфизма. Впервые на развитие чарнокитовой серии на Побужье указал В.И. Лучицкий (1927). Одни сторонники метаморфического происхождения чарнокитов рассматривают их как глубоко метаморфизованные осадочные породы, другие считают, что чарнокиты возникли при глубинном метаморфизме "в сухих условиях" серии нормально магматических пород.

Данный район и сегодня является наиболее интересным объектом исследования и нескончаемых дискуссий, так как в стратиграфической схеме УРМСК 1984 г. он выделен в гайворонский комплекс гранитоидов с возрастом 3.4 млрд. лет.

## ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА

Гранулитовый комплекс Побужья в виде дуги опоясывает юго-западную часть Днестровско-Бугского района Украинского щита и в тектоническом отношении относится к Подольскому геоблоку, представляющему собой брахиантиклинальное поднятие, состоящее из нескольких более мелких блоков второго порядка: Бердичевского, Винницкого, Хмельницкого, Гайсинского и Гайворонского.

Традиционно район развития чарнокитоидов на Побужье делится на Верхнее, Среднее и Нижнее Побужье. Хашевато-Завальевский синклиниорий наряду с Первомайско-Голованевским синклинорием и Синицковским антиклинорием является основным структурным элементом района Среднего Побужья (Гайворонский блок).

Хашевато-Завальевский синклиниорий представляет собой своеобразную складчатую структуру широтного простирания, ограниченную с юга Завальевской, а с севера Гайворонской зоной разломов, внутренняя часть которого представлена брахиантиклиналью, сложенной чарнокитоидами в тесной ассоциации с породами офиолитовой формации, которая обтекается с севера Хашеватовской синклиналию, а с юга Завальевской синклиналию, сложенными кристаллическими известняками, кварцитами, графитовыми, биотитовыми и силлиманитовыми гнейсами и мигматитами.

Объектом изучения явились чарнокитосиды и ассоциирующие с ними кристаллосланцы внутренней части Хашевато-Завальевского синклинория. Главной особенностью представленных в этом районе образований является пластовая форма залегания с общим северо-западным простиранием и гнейсовидный облик.

Большое внешне сходство разгнейсованных чарнокитоидов и кристаллических сланцев (основной ветви ассоциации), невероятные трудности при изучении их взаимоотношений являются первопричинами существующих разногласий относительно происхождения этих пород, а также различий в применяемой терминологии: по разному называются одни и те же породы или же одинаково именуются разные типы пород. Так, одни исследователи характеризуют исследуемый район как область ритмично переслаивающихся гиперстеновых гнейсов, гранатовых гнейсов и основных кристаллических сланцев, считая их типично осадочными образованиями, другие вообще отрицают существенные различия между двумя этими типами пород, указывая на постепенные переходы от габброидов к чарнокитам через зональность такого типа: антипертитовые чарнокиты - антипертитовые чарнокиты, обогащенные кварцем - собственно чарнокиты, что дало им основание утверждать о метасоматическом происхождении чарнокитов в процессе региональной гранитизации древней эффузивной толщи. Третьи - справедливо замечают, что при таком делении слабокварцованные (2-8 % кварца) пироксен-плагноклазовые кристаллические сланцы с содержанием темноцветов до 50 % попадают в группу антипертитовых чарнокитов, а породы с содержанием 25-40 % кварца и 2-7 % темноцветов - в группу антипертитовых чарнокитов, обогащенных кварцем. Таким образом совершенно стирается различие между основной и кислой составляющими данной ассоциации.

По нашим исследованиям, охватывающим часть бассейна реки Южный Буг от с. Хадзеватое до с. Завалье, основной петрографический фон района составляют серые, светло-серые с зеленоватым оттенком среднезернистые породы с четко выраженной полосчатой текстурой, названные нами вслед за И.М. Лесной

(1988) эндрбито-гнейсами, среди которых повсеместно распространены темно-серые почти черные мелкозернистые породы массивной текстуры, именуемые пироксен-плагиоклаовыми кристаллическими сланцами. На выветрелых поверхностях коренных выходов вдоль реки Юный Буг эти породы имеют слегка полосчатую текстуру и наряду с меланократовой составляющей эндрбито-гнейсов создают впечатление ритмичной слоистости первичных осадков, а нередко меланократовые полосы эндрбитовых гнейсов многие исследователи принимают за основные кристаллосланцы, а лейкократовые полосы по их мнению принадлежат чарнокитам. Но прекрасные обнажения в огромных по площади карьерах, расположенных между селами Сальково и Завалье на противоположных берегах реки Юный Буг, подтверждают секущий по отношению к общей гнейсовидности эндрбитов характер залегания кристаллосланцев.

По контактам кристаллосланцев с эндрбито-гнейсами наблюдается зона мощностью 2 см мелкозернистой породы с роговиковой структурой - зона закалки.

Среди широкого поля развития эндрбито-гнейсов в исследуемом районе практически повсеместно распространены различно ориентированные и четко ограниченные ксенолиты ультраосновных и основных пород, характеризующиеся весьма разнообразным петрографическим составом. Среди них присутствуют и перидотиты, и пироксениты, и габбро-нориты, а также их серпентинизированные и амфиболизированные разновидности, что косвенно может указывать на мафит-ультрамафитовый субстрат представленных на сегодняшний день образований.

Диссертационная работа посвящена проблеме взаимоотношений эндрбито-гнейсов и кристаллосланцев, которые вызывают противоположные точки зрения на происхождение этих пород, их

роль и место в развитии Хашевато-Завальевского блока Украинского щита, который трактуется как "специфическая структура архея глубоких эрозионных срезов Земли".

### ГЛАВА 3. ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД, ИХ ГЕНЕЗИС

Спецификой гранулитового комплекса Побужья, также как и других раннедокембрийских гранулит-гнейсовых областей, является широкое развитие гранитсидных формаций. Гранитоиды представлены преимущественно гиперстенсодержащими разновидностями - чарнокитоидами. Ранее чарнокитоиды Побужья называли гиперстеновыми гранитами, гранито-гнейсами, пироксен-плагиоклазовыми гнейсами, мигматитам, антипертитовыми чарнокитами. Затем они были названы эндербитами по аналогии с идентичными по составу существенно плагиоклазовыми чарнокитоидными породами Восточной Антарктиды. Четко выраженная гнейсовидность пород позволила последующим исследователям переименовать эти породы в эндербито-гнейсы.

На номенклатурном треугольнике модального состава, предложенном для классификации чарнокитоидов, исследуемые породы располагаются в поле эндербитов. Комплекс петрохимических и геохимических методов и предложенных на их основе диаграмм для определения первичной природы метаморфических пород свидетельствует в пользу магматической природы эндербито-гнейсов Хашевато-Завальевского блока Украинского щита.

На непостоянство состава эндербито-гнейсов указывали многие исследователи, отмечая, что характерной особенностью этих пород является неоднородность строения, выражающаяся в неважномерном распределении светлых участков и более темных

и, как следствие этого, большая изменчивость в содержании и соотношениях составляющих их минералов с образованием непрерывного ряда пород от диоритов до плагиогранитов, как вкрест простирания, так и по простиранию пород без закономерного распределения перечисленных разновидностей пород.

В проанализированных пробах также обнаруживается широкий и практически непрерывный ряд составов от 53 до 73 %  $\text{SiO}_2$ . На вариационной диаграмме в координатах  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ , предложенной Терминологической комиссией Петрографического комитета ОГГГ АН СССР в 1978 г. для систематики магматических горных пород, фигуративные точки исследуемых пород протягиваются от области распространения андезибазальта до риолита, в большинстве своем группируясь в поля андезитов-кварцевых диоритов и дацитов-тоналитов. По номенклатуре П. Ниггли часть андербитов образовалась из андезитовой магмы, а другая часть - из тоналитовой.

Выявленная особенность наиболее четко фиксируется на геохимическом уровне. Так в содержании многих малых элементов наблюдаются вполне определенные интервалы и на вариационных диаграммах фигуративные точки содержания малых элементов в андербито-гнейсах разных петрохимических типов формируют два независимых облака точек. Так содержания Ba составляют в одних случаях 220-380 г/т, а в других - 800-1400 г/т, Sr - 90-270 г/т и 115-735 г/т, Rb - 5-15 г/т и 45-70 г/т, Y - 5-10 г/т и 20-45 г/т, Zr - 20-75 г/т и 170-265 г/т. Литературные источники утверждают, что эти элементы не испытывают существенного перераспределения в процессе метаморфизма под влиянием флюидной фазы и наилучшим образом отражают геохимические особенности пород.

Аналогичная особенность проявляется и в распределении редкоземельных элементов (РЗЭ). Масс-спектрометрический анализ эндрбито-гнейсов в крайних членах (более основных и более кислых) показал совершенно различные спектры распределения РЗЭ (рис.1). Более основной член эндрбито-гнейса характеризуется более высоким содержанием РЗЭ, более пологим спектром их распределения, отсутствием Eu-аномалии, и коррелируется со спектром распределения РЗЭ для архейских андезитов и известково-щелочных андезитов современных островных дуг. Кислые члены эндрбито-гнейса характеризуются более фракционированным характером распределения РЗЭ (рис.1), меньшими их содержаниями, присутствием положительной Eu-аномалии. Данный спектр распределения РЗЭ характерен для кислых членов габбро-диорит-тоналит-трондьемитовых серий пород.

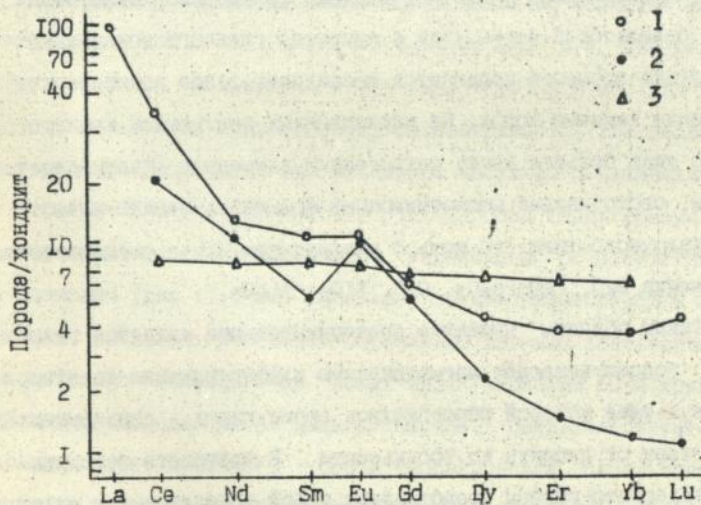


Рис.1 Спектры распределения РЗЭ: в эндрбито-гнейсе с содержанием  $\text{SiO}_2$ -56,26% (1), эндрбито-гнейсе с содержанием  $\text{SiO}_2$ -68,00% (2), кристаллосланце (3)

На диаграмме (Йодер, 1969), предложенной для разделения андезитовых серий, фигуративные точки эндербито-гнейсов с содержанием  $\text{SiO}_2$  от 56 до 64 % располагаются вдоль тренда островодужной известково-щелочной серии пород. А кислые члены эндербито-гнейсов ( $\text{SiO}_2 > 64\%$ ) согласно критериям определения состава родоначальных магм для пород гранитоидного ряда являются кислыми дифференциатами базальтовой магмы.

Несмотря на выявленные геохимические различия в составах эндербито-гнейсов они все вследствие высоких содержаний Ca на классификационных диаграммах Ab-An-Or O'Коннора и A-Q-P Штрекейзена располагаются в поле тоналитов, а на диаграммах AFM, Q-Ab-Or, K-Na-Ca,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiO<sub>2</sub>-MgO фигуративные точки эндербито-гнейсов образуют плавный тренд, соответствующий известково-щелочным породам, образование которых основоположники объясняют моделью фракционной кристаллизации базальтовой магмы, где в качестве главного доказательства этого процесса приводится последовательное закономерное изменение химизма пород. На вариационных диаграммах харкеровского типа большая часть петрогенных элементов обнаруживает тренды, свойственные магматическому фракционированию известково-щелочного типа, то есть с увеличением  $\text{SiO}_2$  уменьшается содержание MgO, FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, TiO<sub>2</sub>,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Таким образом наиболее предпочтительной является гипотеза, подразумевающая магматическую дифференциацию *in situ*, в результате которой образовалась серия пород, варьирующих по составу от диорита до трондjemита. В частности сегодняшние эндербито-гнейсы представляют собой тоналитовые и андезитовые породы, впоследствии претерпевшие метаморфизм гранулитовой фации.

В работе не исследуются ультраосновные и основные породы, наблюдающиеся в виде многочисленных ксенолитов в массе андербито-гнейсов. Возможно среди них и находятся аналоги родоначальной магмы и ее реститы.

Как указывалось выше, по вопросу происхождения кристаллосланцев существуют разные мнения. Приверженцы магматического происхождения этих пород относят их к древней спилитовой формации или к метаморфизованным аналогам слабодифференцированных океанитов. По химическому составу они представляют собой ряд богатых  $\text{CaO}$  (8-12 %) пород с содержанием  $\text{SiO}_2$  48-52 %. На классификационных диаграммах состава кристаллосланцев располагаются в поле толеитовых базальтов и их магматическая природа подтверждается петро- и геохимическими критериями, заимствованными из литературных источников.

Толеитовая природа этих образований проявляется и на диаграммах  $\text{AFM}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-FeO+Fe}_2\text{O}_3\text{+TiO}_2\text{-MgO}$  Л.С. Дженсена,  $\text{SiO}_2\text{-FeO/MgO}$  А.Миясиро,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(Na}_2\text{O+K}_2\text{O)}$  Х.Куно. Как известно, толеитовая природа пород рассматривается как главный критерий их образования при процессах частичного плавления.

Спектр распределения РЗЭ в этих породах характеризуется практически нефракционированным характером с отсутствием  $\text{Eu}$ -аномалии (рис.1), что указывает на мантийные глубины зарождения выплавки. Небольшое обогащение легкими лантаноидами относительно тяжелых без каких-либо аномалий  $\text{Eu}$  и других РЗЭ, что наблюдается в данном случае, свидетельствует в пользу среднеглубинного уровня формирования базальтового расплава, то есть на уровне шпинелевых ассоциаций лерцолитов (Ю.А. Балашов, 1976).

ГЛАВА 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ И  
АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ

Неслучайно, что многие исследователи не находят разницы между меланократовой частью эндербито-гнейсов и кристаллосланцами, ведь по существу эти породы обладают одним и тем же минеральным составом с разницей лишь в количественном его содержании и структурно-текстурных особенностях.

Эндербито-гнейсы более чем наполовину сложены ксеноморфными табличками плагиоклаза и ориентированными полосчато-линовидными выделениями кварца, придающими породе гранулитовый облик. Цветные минералы, в сумме не превышающие 30 % объема породы, представлены ромбическим и моноклинным пироксенами с небольшим количеством развивающейся по ним роговой обманкой, которые собраны в параллельно-цепочечные агрегаты и ориентированы в одном направлении, что наряду с линейными выделениями кварца придает породе вышеупомянутую полосчатость. Интересен тот факт, что указанные выше различия на петро- и геохимическом уровне между крайними членами по содержанию  $SiO_2$  эндербито-гнейсов проявляются и на минералогическом уровне. Так более кислые члены эндербито-гнейсов, петрохимическим аналогом которых выступает дацит-тоналит, содержат как правило один пироксен - гиперстен и кислый плагиоклаз (в среднем 23-25 % анортитовой молекулы). Более основные члены эндербито-гнейсов, петрохимическим аналогом которых является андезит-диорит, содержат два пироксена (и ортопироксен, и клинопироксен), а также более основной плагиоклаз (в среднем N 40).

Кристаллосланцы отличаются от эндербито-гнейсов лишь ярко-выраженной гранобластовой структурой и практически от-

сутствием кварца. Они наполовину сложены изометричными зернами ромбического и моноклинного пироксена, находящихся в равных количествах, другая половина представлена ксеноморфными зернами плагиоклаза, имеющими состав андезина N 33-37.

Сходство минерального состава эндрбито-гнейса и кристаллосланца косвенно указывает на стирание между ними различий, которые помогли бы расшифровать условия формирования той и другой породы. Наличие в обеих породах ромбического пироксена, особенно в эндрбито-гнейсе, свидетельствует о региональных высокотемпературных преобразованиях в рамках гранулитовой фации метаморфизма. Но, как известно, состав пироксенов изменяется в широких пределах, что в первую очередь зависит от физико-химических условий, т.е. температуры и давления; при которых они образовались.

Согласно классификации Н.П. Добрецова (1971) ортопироксены и эндрбито-гнейсов и кристаллосланцев представлены гиперстенем, а клинопироксены - диопсидом. Изучение вариаций в содержании основных породообразующих окислов по химическим анализам ромбических и моноклинных пироксенов из эндрбито-гнейсов и кристаллосланцев показало, что пироксены каждой породы характеризуются вполне определенным химическим составом. Так орто- и клинопироксены кристаллосланцев по сравнению с орто- и клинопироксенами эндрбито-гнейсов более магnezивальны и характеризуются повышенным содержанием  $Al_2O_3$  и CaO. Согласно двухпироксеновым геологическим термометрам и барометрам П.Крейтца, эндрбито-гнейсы образовались в интервале температур 640-730°C (среднее 700°C) и давлении 6000 атмосфер, а кристаллосланцы в интервале температур 840-920°C (среднее 880°C) и давлении 7000 атмосфер.

Различия в составе орто- и клинопироксенов андербитогнейсов и кристаллосланцев и соответственно различных термодинамический режим свидетельствуют о двух проявлениях метаморфизма гранулитовой фации - высокотемпературной, характерной для кристаллосланцев, и низкотемпературной, характерной для андербитогнейсов.

Исследование плагиоклазов на столике Е.С. Федорова, показало, что плагиоклазы и кристаллосланцев и андербитогнейсов характеризуются пониженными углами оптических осей ( $2V = 70-75^\circ$ ) и имеют клиновидные изогнутые и нередко пересекающиеся полисинтетические двойники при сочетании альбитового и периклинового законов. В литературе указывается, что периклиновые двойники характерны только для метаморфических пород, а изогнутые их формы с клиновидными окончаниями свидетельствуют о деформации и перекристаллизации зерен плагиоклаза. Угол оптических осей также служит важным генетическим критерием минералогенеза и породообразования. Согласно статистическим исследованиям угол оптических осей плагиоклазов изверженных горных пород получается в среднем не меньше  $78^\circ$  и очень часто доходит до  $80-82^\circ$ , в метаморфических же породах он чаще всего имеет величину  $74-75^\circ$  и нередко опускается до  $70^\circ$ .

При более тщательном петрографическом изучении в кристаллосланцах обнаруживаются реликты бывшей габбровой структуры: совместное сонахождение идиоморфных таблиц плагиоклаза, содвойникованных только по альбитовому закону, с пироксенами производит впечатление бывшей габбровой породы. Состав таких зерен плагиоклаза соответствует лабрадору N 55-58, угол  $2V = 78-80^\circ$ . Состав рядом находящийся с плагиоклазом

осуществляющих пироксенов указывает на температуры их образования порядка 1200-1300°C.

Таким образом, несмотря на то, что кристаллосланец претерпел метаморфизм высоких ступеней, в нем сохранились реликтовые остатки, указывающие на первично-магматическую природу этой породы.

Установить возрастную последовательность событий, происходящих в исследуемом районе, возможно только при использовании радиологических методов, в частности уран-свинцового изотопного метода определения возраста циркона.

По результатам статистической обработки монофракций циркона с достаточной долей уверенности среди эндербито-гнейсов можно выделить три генерации циркона:

I - темно-коричневые непрозрачные удлинено-призматические зерна с шероховатой поверхностью и сглаженными ребрами, характеризующиеся очень высокими содержаниями урана (0.11-0.17 %), свинца (0.08-0.14 %), иттрия (0.11-0.12 %), гафния (2.14-2.15 %), а также существенными примесями железа (0.12-0.15 %) и кальция (0.15-0.20 %). Изохронная зависимость этого генетического типа циркона дает верхнее пересечение дискордии с конкордией, соответствующее возрасту 3416 млн. лет (Н.П. Щербак, 1990) (рис.2).

II - розовые полупрозрачные трещиноватые удлинено-призматические зерна циркона, характеризующиеся на порядок меньшими содержаниями урана (0.04-0.05 %), свинца (0.04-0.06 %), гафния (1.5-1.74 %), примесей железа (0.002-0.003 %) и кальция (0.002-0.004 %). Иттрий отсутствует. Нередко такой циркон содержит ядра I генетического типа. Возраст его не определялся.

III - изометричные прозрачные с алмазным блеском и гладкой поверхностью зерна циркона, характеризующиеся еще более низкими содержаниями урана (0.005-0.007 %), свинца (0.003-0.004 %), гафния (1.49-1.5 %), присутствием в виде примесей иттрия (0.125-0.165 %), кальция (0.002-0.003 %) и отсутствием железа.

Первые две разновидности по своим морфологическим особенностям отвечают цирконам магматического происхождения, а сглаженные их формы говорят о воздействии на них более поздних метаморфических процессов. Морфологические особенности циркона III генетического типа объясняются кристаллизацией индивидов в условиях большого давления, высокой температуры и пространственной стесненности, характерных для метаморфических процессов. Результаты изотопного уран-свинцового анализа этих кристаллов дают изохронную зависимость с верхним пересечением конкордии, соответствующим значению возраста 3200 млн. лет (рис.2), интерпретируемым как время проявления регионального гранулитового метаморфизма.

Цирконы кристаллосланцев представлены одной единственной разновидностью, которая внешне очень похожа на III генетический тип циркона в эндробито-гнейсе. Он тоже прозрачный практически бесцветный с сильным алмазным блеском и овальной формы. Но по содержанию окислов химических элементов он сильно отличается от аналогичного циркона в эндробито-гнейсах. Содержание урана колеблется в пределах 0.025-0.032 %, свинца - 0.009-0.01 %, гафния - 1.9-2.0 %.

Более того циркон кристаллосланца содержит массу включений различных по составу и фазовому соотношению. В цирконе кристаллосланцев присутствуют только твердые включения, которые четко делятся на два типа: аморфные и кристаллические.

Такие включения, согласно литературным источникам, характерны только для минералов из глубинных и гипабиссальных интрузивных пород разного состава и отражают химический состав и температуры, присущие магматическому расплаву в момент его кристаллизации. В виде кристаллических включений в цирконе кристаллосланцев обнаружены пироксены, амфибол, плагиоклаз, кварц. Среди аморфных включений наряду со стеклом, отвечающему по составу толеитовому базальту, всегда присутствует и газовый пузырек. Такое обилие разных по составу включений можно объяснить кристаллизационной дифференциацией расплава. Кристаллизация минерала вызывает изменение состава расплава, вследствие чего появляются отличия в составах включений расплава, захватываемых на различных стадиях кристаллизации: в разных индивидах минерала или даже в разных зонах роста одного и того же минерала консервируются отличающиеся по составу порции магмы. Таким образом, циркон кристаллосланцев в отличие от аналогичного по внешнему виду циркона эндербито-гнейсов образовался при магматической раскристаллизации даек основного состава.

По результатам пяти отличающихся по магнитным свойствам и размерам фракций этого циркона уран-свинцовым изохронным методом получены практически конкордантные значения цифр возраста - 1955 ± 15 млн. лет. Следовательно, примерно 2000 млн. лет тому назад произошло внедрение даек основного состава в толщу уже метаморфизованных в гранулитовой фации метаморфизма эндербито-гнейсов.

Рассчитанные для двух генетических типов циркона из эндербито-гнейса линейные зависимости обладают одной и той же особенностью: они пересекают конкордию с нижним пересечением примерно в 2000 млн. лет (рис. 2). Согласно классической моде-

ли интерпретации графических методов потеря цирконами свинца происходит эпизодически в результате илложенного метаморфического события. Получаются два значения возраста: возраст кристаллизации минерала (верхнее пересечение) и возраст эпизодической потери свинца (нижнее пересечение). В нашем случае, не исключено, что мы имеем дело, по крайней мере, с двукратным нарушением первичной уран-свинцовой геохронологической системы цирконов. Первое нарушение, наиболее существенное, произошло в результате регионального воздействия гранулитового метаморфизма, которое обусловило диффузионные потери радиогенного свинца и не сопровождалось сколь-нибудь заметной перекристаллизацией исходного циркона. Второе нарушение уран-свинцовой системы цирконов произошло во время проявления второго этапа гранулитового метаморфизма, происходящего либо синхронно с внедрением даек основного состава, либо чуть позже.

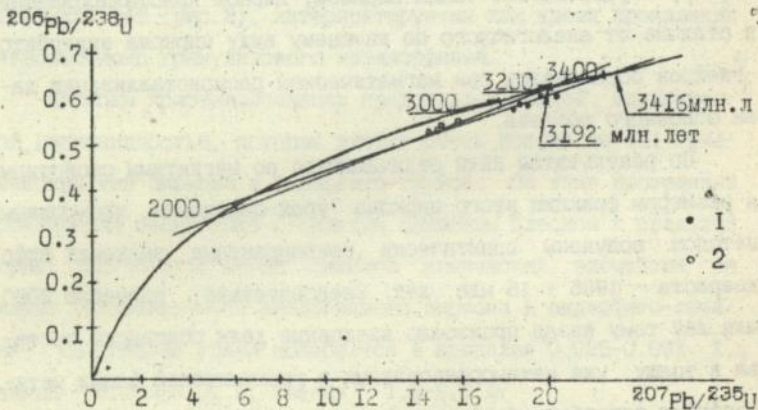


Рис.2 Уран-свинцовые изохроны с конкордией для темно-коричневых непрозрачных призматических зерен циркона (1) по (Н.П. Щербак, 1990) и безцветных прозрачных исометричных зерен циркона (2) в эдербито-гнейсе

## ГЛАВА 5. ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНА

Анализ радиологических, минералогических, петро- и геохимических данных позволяет представить историю Хашевато-Завальевского блока Украинского щита следующим образом.

Обилие ксенолитов ультраосновных и основных пород в толще эндербито-гнейсов позволяет предполагать, что формирование архейского прократона началось с накопления пород преимущественно базальтового состава, которые возможно были газодышами ядер коры континентального типа.

Континентальные площади разрастались в результате дополнительного поступления андезитов (примерно на рубеже 3.4 млрд. лет) и ассоциирующих с ними известково-щелочных пород.

По мере погружения породы испытывают одностороннее давление, в результате чего получают современный облик мигматитовых гнейсов. По мере достижения глубин, соответствующих термо-динамическим условиям гранулитовой фации метаморфизма, происходит перекристаллизация породообразующих минералов с высвобождением рассеянного примесного циркония, который в такой пространственной стесненности и в условиях высоких температур и давлений образует новообразованный морфологический индивид циркона, стремящийся в этих условиях приобрести равновесную изометричную форму. Радиологические данные свидетельствуют о том, что циркон кристаллизовался на рубеже 3.2 млрд. лет назад, таким образом отмеряя нам время преобразования пород в гранулитовой фации метаморфизма.

Примерно 2 млрд. лет назад в толщу уже метаморфизованных андезит-тоналитовых гнейсов внедрились дайки толеитового базальта, современный минеральный парагенезис которых свиде-

тельствует о том, что эта порода также подверглась воздействию высокотемпературного метаморфизма.

Гнейсовидный облик андербитов Хашевато-Завальевского блока, ориентированное цепочкообразное расположение линзовидных кристаллов породообразующих минералов свидетельствуют о проявлении регионального метаморфизма в результате погружения пород на глубину под нагрузкой вышележащих пород.

Второй гранулитовый метаморфизм, очевидно, имел локальный характер. Его проявление фиксируется в дайках кристаллосланца. Он, вероятно, непосредственно связан со складкообразованием и внедрением мощных интрузий магматических пород в прилегающих к Хашевато-Завальевскому блоку районах Украинского щита. Возможно всестороннее мощнейшее давление вмещающих пород в результате складкообразовательных процессов, высокие температуры, полученные от внедрения магматических интрузий, способствовали кристаллизации породообразующих минералов в парагенезисе метаморфических минералов гранулитовой фации. Метаморфизм происходил исключительно в "сухих" условиях, иначе мы не наблюдали бы резких контактов с вмещающими андербито-гнейсами и гнейсовидный облик последних. В присутствии воды и флюидов андербито-гнейсы были бы превращены в расплав.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гранулитовый комплекс Среднего Побужья (Хашевато-Завальевский блок) является областью развития раннеархейских гранитоидов.

Андербито-гнейсы представляют собой рассланцованные в процессе регионального метаморфизма гранулитовой фации анде-

витовые и тоналитовые породы, возникшие в результате фракционной кристаллизации базальтовой магмы на стадии раннепланетарного развития Земли и возможно представляют собой остатки первичной континентальной коры.

Кристаллосланцы - более поздние дайковые образования, внедрившиеся в толщу метаморфизованных в гранулитовой фации метаморфизма пород на рубеже 2000 млн. лет назад.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

1. Реконструкция первичного состава эндербито-гнейсов Хачевато-Завальевского блока Украинского щита петрохимическими методами // Геол.журн. - 1994. - N 1. - с. 97-102.
2. Генерации циркона из бердичевского гранита и пегматита (по результатам электронно-зондового исследования) // Мин. журн. - 1990. - 12, N 6. - с. 19-25. (Соавтор Г.В. Легкова).
3. Петролого-геохимические особенности метавулканитов Побужского гранулитового комплекса Украинского щита // Тез. докл. VII вулканол. совещания и IX палеовулканол. симпозиума. - Иркутск, 1992. - с. 100-101 (Соавтор И.М. Лесная).
4. Возрастные этапы формирования мафит-эндербитовой ассоциации Побужья // Геохимия и рудообразование. - 1993. - в печати. (Соавторы : И.М. Лесная, Л.М. Степанюк, Е.Н. Вартницкий).
5. Возраст эндербито-гнейсов Хачевато-Завальевского блока Украинского щита // Докл. НАНУ. - 1994. - в печати. (Соавторы: Н.П. Шербак, Е.Н. Вартницкий).

Плоткина І.Э. Геохимия и петрология андербито-гнейсов и кристаллосланцев Хашевато-Завальезского блока Украинского щита.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 04.00.02 - геохимия, 04.00.08 - петрография, вулканология. Институт геохимии, минералогии и рудобразования НАНУ, г. Киев, 1994 г.

На основе детального и всестороннего исследования пород гнейсовой толщи Хашевато-Завальезского блока УЩ установлено присутствие в разрезе андезит-тоналитовых пород, подвергшихся условиям регионального метаморфизма и прорванных дайками базальтового состава на рубеже 2000 млн. лет назад.

Ключові слова:

геохімія, петрологія, гнейсова толща

Plotkina I.A. Geochemistry and petrology of enderbitic gneisses and crystalline schist of the Hashevatoe-Zavalye structure of the Ukrainian shield.

Dissertation for searching of academic degree of the Candidate of the geology-mineralogist sciences by speciality 04.00.02 - geochemistry, 04.00.08 - petrography, volcanology. Institute of geochemistry, minerology and ore-forming NASU, Kiev, 1994.

Detailed and all-round researches of gneisses rocks of Hashevatoe-Zavalye's structure of Ukraine shield confirmed presence of the andesite-tonalite rocks in the section, exposed the conditions of regional metamorphism and broken by the basalt dikes at the 2000 million years ago.

Key words: \*

geochemistry, petrology, grey gneisses

Ar 31.000

