

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ, МИНЕРАЛОГИИ И РУДООБРАЗОВАНИЯ

На правах рукописи  
УДК 552.1 + 551.71/72 /477/

НИКУЛИНА ЭДИТ АЛЕКСЕЕВНА

ПЕТРОГЕНЕЗ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В ДОКЕМБРИИ  
ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Специальность 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

Работа выполнена в Институте геохимии, минералогии и рудообразования Академии наук Украины.

Научный руководитель : доктор геолого-минералогических наук,  
член-корр. АН Украины, профессор И.С.Усенко

Официальные оппоненты : доктор геолого-минералогических наук  
Ю.Н.Колесник  
кандидат геолого-минералогических наук  
А.Я.Каневский

Ведущая организация : Киевский государственный университет им.  
Т.Г.Шевченко, геологический факультет

Защита состоится " 16 " марта 1994 г.  
в \_\_\_\_\_ часов на заседании специализированного совета Д.016.17.01  
в Институте геохимии, минералогии и рудообразования АН Украины  
/252680 г.Киев, пр.Палладина, 34 /.

С монографией можно ознакомиться в библиотеке Института.

Автореферат разослан " 25 " января 1994 г.

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

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00754957 (.)

## ВВЕДЕНИЕ

Работа посвящена фундаментальной проблеме эволюции эндогенного режима и установлению закономерностей формирования литосферы в раннем докембрии, что определяет актуальность темы.

Решение этой проблемы в значительной степени основано на знании особенностей процессов петрогенезиса и структурообразования в пределах гранулитогнейсовых областей кристаллических щитов. Освещению этих вопросов на примере Украинского щита /УЩ/, в частности, его юго-западной части /Днестровско-Бугского района/, как основного объекта исследования, было целью данной работы.

Многолетняя история изучения указанного региона привела к накоплению большого фактического материала по строению и составу слагающих его пород, однако по ряду как объективных, так и субъективных причин выводы, касающиеся первичной природы этих пород, характера и последовательности процессов их дальнейшего преобразования, содержат немало противоречий или даже альтернативны.

Основываясь на методологических положениях, разработанных И.Пригожиным /1980/, согласно которому эволюция той или иной системы представляется как последовательность энергетически устойчивых и неустойчивых состояний, через которые проходит система в процессе своего развития, автор данной работы попытался систематизировать имеющийся фактический материал на новой синергетической основе.

Задачи исследований сводятся к установлению устойчивых и неустойчивых состояний геологической системы, их генетической идентификации, выяснению тенденций миграции химических элементов, роли и масштабов трансформации вещества при метаморфизме, оценке его режима и направленности, а также реконструкции механизма реализации конкретных физико-химических процессов во времени и в пространстве, т.е. описанию структурно-вещественных комплексов пород, слагающих рассматриваемый регион.

Методика исследований включала в себя полевые и аналитические работы /петрографо-минералогический, химический, рентгеноструктурный, спектральный и другие традиционные виды анализа/, а также статистическую обработку результатов с помощью факторного, корреляционного и регрессионного анализов, термодинамические расчеты, вариационный физико-химический анализ по методике Елисеева Э.Н. /1971/, расчеты баланса масс. Математическая обработка данных

производилась на ЭВМ "4030-1" и IBM PC 286. При обобщении полученной информации привлекались также результаты структурно-петрологического, формационного анализов и независимые материалы геологической, геофизической и аэрокосмической съемок. Таким образом методически охвачены три уровня описания объекта : статический /анализ парагенезисов минералов и условий локальных термодинамических равновесий/, динамический /выявление тенденций при кристаллизации реальных геологических систем, их "вырожденных" состояний/ и эволюционный /построение векторов-траекторий трансформации этих систем во времени/.

Фактической основой исследований послужили материалы, собранные автором во время работы в отделах петрографии, минералогии цветных и редких металлов ИГФМ /ныне ИГМР/ АН Украины с 1970 по 1990г. г. Использовался и анализировался каменный материал, отобранный автором в естественных обнажениях, карьерах и по керну скважин, пробуренных МИНГЕО СССР и ГОСГЕОЛКОМОМ Украины в разные годы, а также проводилась обработка аналитических данных из фондовых и опубликованных литературных источников. В общей сложности использовано свыше 2 тыс. анализов минералов и около 3.5 тыс. анализов пород, значительная часть которых является оригинальной.

Научная новизна работы заключается в том, что автором предложено принципиально новое решение традиционных проблем петрологии раннего докембрия : доказано, что анортозит-базит-гипербазитовая серия являлась субстратом для всех пород, слагающих исследуемый район и сопоставимых с известными ассоциациями, характерными для наиболее ранних этапов геологического развития Земли и Луны ; установлено преимущественно метаморфо-метасоматическое, ультраметаморфическое в широком смысле слова по Половинкиной Ю.Ир. и Хоровой Б.Я. происхождение пород ; оценены масштабы метаморфической дифференциации вещества на региональном уровне, чем подчеркивается существенная роль соответствующих процессов в дифференциации первичного вещества Земли по сравнению с другими породообразующими процессами /магматическим и осадочным/ ; обозначены механизмы протекания таких процессов. В результате предложена новая синергетическая модель развития земной коры как самоорганизующейся системы, трансформирующейся во времени не в сторону ее деструктивного разупорядочения, а наоборот, в направлении возрастания многообразия и сложности форм проявления, возникновения структур, которые

удовлетворяют требованиям, предъявляемым к понятию "диссипативных структур" И.Пригожина.

Практическая значимость работы заключается в том, что она может послужить основой для пересмотра установившихся представлений о петрогенезисе и формировании геотектонических структур на раннедокембрийском этапе эволюции земной коры, что, как следствие, дает возможность выработать принципиально новые критерии и подходы для оценки перспектив поисков полезных ископаемых в том или ином из докембрийских регионов.

Защищаемые положения.

1. В породах исследованного района Ущ, в частности, в метабазитах и метаципербазитах, выделяется несколько различных генераций /реликтовых и новообразованных/ минералов, что является свидетельством многоэтапности преобразований единого исходного субстрата и доказывает полиметаморфическую природу пород.

2. Специфика состава и структурных взаимоотношений породных ассоциаций гранулитогнейсовой области обусловлена тремя взаимосвязанными процессами : а/ кристаллизационным фракционированием основной магмы ; б/ аллохимической перекристаллизацией ее продуктов при метаморфизме ; в/ селективным выплавлением гранитной эвтектики в результате ультраметаморфизма.

3. По составу субстрата, масштабам и характеру наложенных преобразований, а также структурным характеристикам базитгипербазитовые ассоциации пород гранулитогнейсовых областей докембрия существенно отличаются от всех известных постраннедокембрийских : вулканических образований, альпинотипных протрузий из мантии или расслоенных интрузий, что доказывает неповторимость раннедокембрийских процессов пороодообразования в последующей истории Земли.

Реализация результатов работы. Материалы диссертации использованы в отчетах по темам : "Петрография Украины" /№ гос.рег.Р00 5535/, "Породообразующие минералы " /№ гос.рег. Р005534/, "Формации Украинского щита" /№ гос.рег. 78052455/, "Стратиграфия и метаморфизм железорудных формаций Украинского щита" /№ гос.рег. 01830007755/, "Петрология базитгипербазитовых комплексов и проблема алмазности Украинского щита" /№ гос.рег. 01821029472/, "Золотоносность и рудная минерализация краевых зон Украинского щита и его обрамления" /№ гос.рег. 01860022371/ и др.

Апробация работы. Результаты исследований, изложенные в диссертации, докладывались и обсуждались на IV и V Всесоюзных симпозиумах по метаморфизму /г. Апатиты, 1979, г. Винница, 1982/, III и IV петрографических совещаниях по Европейской части СССР /г. Днепрпетровск, 1979, г. Петрозаводск, 1987/, V Всесоюзном палеовулканологическом симпозиуме /г. Черкассы, 1981/, Всесоюзном межведомственном совещании по проблеме "Эндогенные режимы формирования земной коры и рудообразования в раннем докембрии" /г. Воронеж, 1983/, Межведомственном совещании по номенклатуре пород Украинского щита /г. Киев, 1984/, XII семинаре "Геохимия магматических пород" /г. Москва, 1986/, Всесоюзном симпозиуме по проблеме "Ксенолит" /г. г. Черногоровка-Киев, 1988/, Межведомственном совещании-дискуссии по теме "Геолого-геохимические методы реконструкции первичной природы метаморфических пород" /г. Ленинград, 1988/, V Всесоюзном симпозиуме по кинетике и динамике геохимических процессов /г. Черногоровка, 1989/, семинарах СНГ "Геологическая синергетика" /г. Алма-Ата, 1991 и г. Иркутск, 1992/, а также на семинарах в ИГГД, ГИН КФ и ИЛС АН России.

Структура работы. Диссертация /монография, 11 п. л./ состоит из введения, пяти глав и заключения; список литературы включает 245 наименований.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 работ.

Автор выражает глубокую признательность за консультации и поддержку при выполнении работы сотрудникам ИГМР АН Украины И. Б. Щербакову, Г. Т. Остапенко, Б. Г. Яковлеву, С. Б. Степченко, а также геологам объединения "Севукргеология".

## ГЛАВА 1. ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Отличительной чертой района является слоистоподобное строение слагающей его толщи пород, характеризующейся крутым падением и многократным чередованием "прослоев" различного состава. В работах наиболее раннего периода исследователи, подчеркивая генетическую связь между последними, придерживались гипотез ассимиляционно- и гравитационно-магматического /Безбородько Н. И., 1931, 1937; Дубяга Д. Г., 1937; Лучицкий В. И., 1940; Ткачук Л. Г., 1940/ или метаморфо-метасоматического /Половинкина Ю. Ир., Наливкина Э. Б., 1955, 1964/ происхождения пород. Позднее наблюдающуюся неоднородность

петрографического состава толщи некоторые исследователи начали рассматривать как первичную, полагая что генетически эта толща представлена преимущественно породами "седиментационной линии" /Кирилук В.П., 1971, 1982 ; Закруткин Б.В., 1981 и др./.

Среди пород, слагающих толщу, главное значение имеют чарнокитоиды /"мезо" и эпибугиты" по Н.И.Безбородько/ и породы основного и ультраосновного состава /"катабугиты" по Н.И.Безбородько/. Первые отнесены к архейскому немировскому и к раннепротерозойскому бердичевскому комплексам, а последние выделяются в составе самостоятельного раннеархейского комплекса основных и ультраосновных пород /Геол. карта м-ба 1:1 000 000, 1984/. Среди чарнокитоидов выделяются несколько петрографических типов /Щербаков И.Б., 1975, 1984/, наиболее ранний из которых - "гайворонский" возрастом более 3 млрд. лет представлен интенсивно катаклазированными тонкополосчатыми породами диоритового и гранодиоритового составов /от анортозита до кварцита/ - эндербито-гнейсами, перемежающихся с пачками основных, местами ультраосновных пород и наблюдающихся в отдельных блоках разной величины и ориентировки среди других типов гранитоидов, обособляясь от них гиперстеновой и биотитовой оторочками. Эти породы развиты преимущественно на территории Среднего Побужья и Приднестровья, от Гайворон-Завальевского района на востоке до г. Могилев-Подольский на западе. Чарнокитоиды бердичевского комплекса, в отличие от "гайворонских", - крупнозернистые и среднезернистые породы монцититового и сиенитового состава /гиперстеновые чарнокиты/ с массивной текстурой. Они представляют собой продукты перекристаллизации "бугитов" с признаками метасоматической зональности и частичного плавления и связаны с более поздними этапами тектонической активизации района. Основной пик их формирования приходится на 2 млрд. лет тому назад /Щербак Н.П., 1975 и др./.

Наибольшее распространение эти породы получили к западу от Немировской зоны разломов, в зоне сочленения Росинско-Тикичского и Днестровско-Бугского мегаблоков, ооконтуривая в плане выступ пород немировского комплекса. Для пород бердичевского комплекса характерны переходы от чарнокитоидов к гиперстен-гранат-биотитовым мигматитам /"винницитам"/ и высокоглиноземистым /*Sp, Gr, Coz, Sil, Bi*/ мигматитам и гранитам, которые к северу постепенно сменяются двуполевошпатовыми биотитовыми и двуслюдяными гранитами

житомирского комплекса. С другой стороны, наблюдается постепенная смена эндробито-гнейсов и эндробитов "гайворонского" типа /немировский комплекс/ гранат-биотитовыми эндробитами и плагиоcharнокитами /± Hy/ "ятранского" типа, затем charнокитами "токаревского" и "новоукраинского" типов и, наконец, по направлению на восток, двухполевощатовыми биотитовыми гранитами кировоградского комплекса. В общем charнокитоиды характеризуются следующим минеральным парагенезисом :  $Pl^{60-20} + Kfs + Q + Hy_{35-80} \pm Sal_{40} \pm Gr_{35-90} \pm Bi_{40-60}$ . Результаты факторного анализа показывают, что по характеру распределения главных породообразующих элементов все типы гранитоидов, в том числе и charнокиты, значимо не отличаются друг от друга. С описанными типами гранитоидов пространственно и генетически связаны соответствующие им по минеральному составу пироксеновые, гранат-биотитовые /± Cor, Sill/, биотитовые гнейсы и кварциты.

Метабазиты представлены пироксеновыми и пироксен-амфиболовыми кристаллическими сланцами, амфиболитами и другими разновидностями, характеризующимися полиминеральными и полифациальными парагенезисами :  $Pl^{40-30} + Cpx_{5-40} + Opx_{20-30} \pm Hl_{20-30} \pm Gr_{65-85} \pm Bi_{15-40} \pm (Kfs, Q)$ . Эти породы, как правило, образуют согласно залегающие с charнокитоидами пластообразные и трубчатые тела мощностью от нескольких см. до 150 м., которые прослеживаются по простиранию иногда на сотни м. Непостоянство структурно-текстурных признаков и количественного соотношения минералов, вплоть до появления мономинеральных обособлений, обуславливают широкие вариации их химического состава. На групповой компонентной диаграмме максимум плотности распределения фигуративных точек состава приходится на нормальные двупироксеновые ассоциации с отклонением в сторону максимумов  $TiO_2$ ,  $CaO$  и  $Mg_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $SiO_2$  для лейкократовых разновидностей /анортозиты, пироксеновые и амфиболовые гнейсы/. Меланократовые разности по своим характеристикам приближаются к метагипербазитам. По железистости метабазиты условно подразделяются на три взаимоперекрывающиеся группы : высокомагнезиальные /F до 30 %/, магнезиальные /F от 30 до 50 %/ и железистые /F свыше 50 %/. Уровни содержания микропримесей /Mn, Co, Cr; Cu, Zn, Zr и Y, U, Ba, Ca/ свидетельствуют в пользу первично магматогенной природы этих пород.

Метагипербазиты чаще всего представлены серпентинитами и карбонатизированными их разновидностями с реликтовыми и новообразован-

ными, порфиробластическими пятнистыми или цепочечными выделениями оливина, пироксенов, амфиболов, шпинелей различной хромистости и флогопита. Среди метагипербазитов встречаются хромитовые руды. По модальному и нормативному составу /расчеты по методу Ленш Г., 1968/ эти породы варьируют от дунитов или оливинитов до перидотитов и пироксенитов, образуя разновидности, переходные к метабазитам. В таких случаях минеральные парагенезисы собственно метагипербазитов  $Ol_{5-15} + CPx_{1-15} + OPx_{5-29} + Sp_{Pc2} \pm Hb_{10-12}$  сменяются оливиновыми  $Ol_{15-25} + CPx_{8-20} + OFx_{15-30} + Sp \pm Hb_{10-15}$  и плагиоклазовыми пироксенолитами  $CPx_{15-90} + OPx_{20-30} + Hb_{8-20} \pm Pl_{10-15}$ . Плагиоклаз в парагенезисе с оливином обычно отсутствует /единичная находка в обр. 75/73, отобранном в районе п. Завалье/. В больших по мощности телах метагипербазитов, таких как на Тарноватском участке с размером 1x2 км., выявлена следующая зональность: от ядра ультраосновного состава с хроммагнетитовой минерализацией по направлению к вмещающему метабазиту отмечаются оливиновый, затем ортопироксеновый и клинопироксеновый бластез. В результате наблюдается симметричная зональность в строении тела: оливинит - метAPERИДОТИТ - оливиновый, а затем безоливиновый пироксенолит - метабазит, которая иногда воспринимается как признак реликтовой интрузивной расслоенности. На частных компонентных диаграммах поля фигуративных точек состава метагипербазитов перекрываются.

Случайное, фрагментами проявление пород основного-ультраосновного состава среди чарнокитоидов, реставрируемых в качестве анортозитов, для массовой кристаллизации которых требуются стабильные высокотемпературные и восстановительные условия при низком общем давлении /Кеннеди Г., 1948; Грин Т., 1969 и др./, свидетельствует об особой первичной габбро-анортозитовой магме с "феннеровской" тенденцией фракционирования. Незначительные размеры их тел, вместо макро- или скрытой ритмической расслоенности проявляющих признаки метаморфо-метасоматической зональности; наконец, метаморфический генезис большинства породообразующих минералов, включая оливин, пироксены и шпинели, а также особенности их состава исключают возможность аналогий с известными вулканическими, стратиформно-магматическими, мантийно-протрузивными и прочими образованиями /Фомин А.Б. и др., 1971, 1980/.

Силикатно-карбонатные породы имеют ограниченное распространение и представлены кальцифирами, офикальцитами, мраморами и други-

ми разновидностями /Сироштан Р.И., Половко Н.И., 1975, 1976 ; Сукач В.С., 1984 ; Венидиктов В.М., 1985 и др./ . Они образуют плаstopодобные, жильные и трубчатые тела с зональным строением среди метабазитов, метагипербазитов, чарнокитоидов, магнетитовых кварцитов и гранито-гнейсов мощностью от 0.5 до 20-30 м. и более. Подразделяются на рудные /хромитовые, магнетитовые/ и безрудные. Последние по химическому составу разделяются на известково-магнезиально-силикатные и известково-силикатные и более дробно по минеральным парагенезисам. По изотопному составу углерода и кислорода, за счет неравновесного их фракционирования, среди этих пород выделяются аналоги эндогенного и экзогенного /осадочного/ происхождения /Загнитко В.Н., Луговая И.П., 1986/ ; некоторые разновидности по характеру распределения и уровням содержания  $P$ ,  $Th$ ,  $Sr$ ,  $Ba$ ,  $Nb$ ,  $Ta$ ,  $V$ ,  $Be$ ,  $F$  приближаются к карбонатитам. Пространственно значительная часть данных пород, связанная с вмещающими породами пироксенолитами и скарноидами, по-видимому, является продуктами инфильтрационного и диффузионного метасоматоза, характеризующаясь более или менее ясно выраженным зональным строением и многоминеральными ассоциациями :  $Pl^{100-30} - Cpx_{8-70} - (Ol_{5-10} + Cal) - Gr_{90-45} Nb_{40} - (Opx_{20-95} \pm Ol_{30-35}) - (Bt_{30-70} + Kfs + Q)$ . Пироксенолиты отличаются от более поздних пироксеновых скарноидов повышенной глиноземистостью. С последними связана комплексная сульфидно-полиметаллическая минерализация.

Таким образом при формировании описанной толщи пород намечается субглиноземистая "гранитизационная" тенденция /минеральная зональность  $Opx - Gr - Bt$ / и обратная субкальциевая "базификационная" /зональность  $Cpx - Nb$ ,  $Act - Cum - Bt$ / . Их объединяет ультраметаморфизм как комплекс эндогенных процессов, включающих высокотемпературный метасоматоз, гранитизацию, мигматизацию, выплавление и кристаллизацию гранитных магм с магматическим замещением продуктов, в результате чего породы основного состава /преимущественно анортозиты/ превращаются в кислые /граниты/ - ведущий механизм структурной и вещественной эволюции в докембрии /Петрова З.И., Левицкий В.И., 1984/ . Он формирует иерархию линзовидно-овальных, кольцевых /в плане/, столбчатых, трубчатых /в разрезе/ форм геологических тел /Никулина Э.А., Быстревская С.С., 1992 и др./ .

## ГЛАВА 2. ТИПОМОРФИЗМ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

В породах гранулито-гнейсового комплекса Побужья устанавливаются явления, отражающие незавершенный характер природных химических реакций. Следствием заторможенного их протекания служат структуры распада некоторых пироксенов, химическая зональность твердых растворов пироксенов, амфиболов, шпинелидов, полевых шпатов, а также реакционные взаимоотношения между минералами, вызванные приостановившимися процессами метаморфической гидратации, карбонизации и кремний-щелочного метасоматоза. Эта информация позволяет построить схему последовательности древнейшего минерало- и породообразования.

Наиболее ранние минеральные ассоциации возникли на магматической стадии формирования метабазит-метагипербазитов. Соответствующие совокупности  $Pl_{Ca} + Ol + Sp + Opx + Cpx$  встречаются в виде реликтов среди продуктов метаморфического, метаморфо-метасоматического преобразования первичных пород. Включения высокохромистой шпинели в оливине и пироксенах однозначно указывают на магматическую природу таких сегрегаций. Их кристаллизация происходила при давлении 300-500 МПа в фации шпинелевых перидотитов /Никулина Э.А., 1963/. Состав минералов, по которым рассчитывались значения констант равновесия, отвечает ликвидусной и субликвидусной стадиям - 1300° и 900°С соответственно /Саксена С., 1976/.

Полевые шпаты. При метаморфо-метасоматических процессах в ряду пород метабазит → кальцифир → скарноид → гранито-гнейс в плаггиоклазе несколько повышается содержание анортита, а затем происходит его деанортитизация. Состав минерала может изменяться в очень широких пределах /от  $An_{100}$  до  $An_{10}$  /, что наблюдается иногда даже в размерах небольшого штуфа. Реликты обогащенных кальцием плаггиоклазов встречаются в метабазитах /до  $An_{40-75}$  и более/, в чарнокитоидах или "анортозито-эндербитах" по Яковлеву Б.Г. / $An_{35} \rightarrow An_{25}$ / и железистых кварцитах /до  $An_{100}$ /. Существенные расхождения в основности плаггиоклаза в породах эндербит-чарнокитового ряда в сочетании с развитием антипертитов замещения позволяют допустить их метаморфо-метасоматический генезис. Такие процессы, согласно Коржинскому Д.С., протекают при высоких температурах, умеренных давлениях и воздействии эффекта "взаимного усиления оснований". Однако

распределение редкоземельных элементов и, в частности, отчетливая положительная европиевая аномалия /Лесная И.М., 1985/ позволяют также обратиться к магматической модели их происхождения и сопоставить ассоциации чарнокитоидов и метабазитов с породами древнейших геологических формаций Земли и Луны /Анортозиты Земли и Луны, 1984/. Дополнительным аргументом в пользу этой гипотезы служит минеральный состав некоторых феррометабазитов Побужья  $An_{100} + Opx_{70} + Cpx_{30}$ , который до недавнего времени считался характерным только для лунных пород. Изменение калиевого полевого шпата по мере понижения температуры гранитообразования - хорошо установленное для щита явление /Щелочные полевые шпаты гранитоидов Ущ, 1980/.

Пироксены в породах района проявляют более выраженную тенденцию к дифференциации кальциевых и магнезиально-железистых разновидностей /CPx и OPx/ по сравнению с типично магматическими образованиями. Большинство из них по составу и структурным особенностям вполне сопоставимо с пироксенами из метаморфических пород мадрасского типа /Никулина Э.А., 1983; Кононова М.М., 1984/. Наряду с твердыми растворами в ряду энстатит-ферросилит и диопсид-геденберит встречаются инвертированные пикониты. Состояние упорядочения структуры пироксенов по статистическим данным /Метаморфизм Ущ, 1982/ отвечает нескольким высокотемпературным ступеням устойчивости /стационарным состояниям/. Реликтовые сегрегации и отдельные зерна ортопироксенов, клинопироксенов C2/c и изредка инвертированные магнезиальные пикониты  $X_{Fe} = 18-22/$  в породах основного-ультраосновного состава имеют магматический генезис. По результатам двупироксеновой геотермометрии /Уэллс, Перчук Л.Л., Яковлев Б.Г./ равновесие для них устанавливалось при температурах порядка 1000-1300°C. Новообразованные, как правило более железистые, генерации орто- и клинопироксенов характеризуют несколько стадий метаморфизма в условиях гранулитовой фации /от ранних к поздним/: двупироксен-плаггиоклазовой субфации - 900-950°C и двупироксен-роговообманковой - 800-900°C для продуктов метаморфо-метасоматического преобразования метабазитов-метагипербазитов, 700-800°C для большинства феррометабазитов и других железистых пород. Причем к наиболее ранним и высокотемпературным стадиям приурочена кристаллизация глиноземистых пироксенов /корреляция  $Al-Ca$  и  $Al-Mg, Fe/$ , которые наряду с чермакитовыми роговыми обманками и богатыми кальцием гранатами пиральспитового ряда являются результатом однонаправленных реакций гидратации и карбонатизации,

сопровождаемых десиликацией метабазитов :  $Px + Pl + H_2O \rightleftharpoons Px^{ac}, Nb \pm 6z \pm Ol + SiO_2$  /1/,  $CPx + An + CO_2 \rightleftharpoons Sp + Ol + Cal + SiO_2$  ↓ /2/. Моноклинные пироксены по составу соответствуют безнатровым субкальциевым и кальциевым разновидностям, а по глиноземистости разделяются на две группы /Породообр. пироксены УШ, 1979/. Кальциевость пироксенов увеличивается сначала сопряженно с возрастанием глиноземистости и железистости, а затем вне связи с ними. Это объясняется тем, что на начальных стадиях метаморфизма кристаллизуются фассаиты, а на конечных - диопсиды и салиты. Железистость минерала зависит от состава вмещающих пород, который в значительной степени определяется их положением в разрезе геологических тел, а именно, зоне контакта метабазитов с метагипербазитами. Однако закономерного изменения состава в зависимости от глубины разреза /Уэйджер Л., Браун Г., 1970/ для пироксенов, как и для других породообразующих минералов, не выявлено. Вместе с тем для различных пород наблюдается перекрытие областей состава содержащихся в них пироксенов, поскольку в каждой из них устанавливается как минимум две генерации минерала - реликтовая и новообразованная. Ромбические пироксены также обнаруживают широкие вариации состава по железистости / 5-20 % в метагипербазитах, 15-30 % в пироксенолитах и от 20 до 90 % в метабазитах, чарнокитах, железистых кварцитах и скарноидах/. Глиноземистость ортопироксенов изменчива, в общем уменьшаясь к конечным стадиям высокотемпературного метаморфизма. Процессы базификации приводят к массовой кристаллизации пироксенов /в пироксенолитах/, а процессы гранитизации, наоборот, - к их уничтожению. На смену им в гранитах приходит гранат и биотит.

Оливин в породах исследуемого района изменяется по составу от форстерита до фаялита. В зависимости от состава и генезиса пород эти твердые растворы подразделяются на первичные и вторичные, метаморфогенные минералы. Как метаморфогенное новообразование оливин появляется вследствие процессов десиликации пироксенов из метабазитов при формировании кальцифиров - реакция /2/ и переходной к гипербазитам группы пород - оливиновых пироксенолитов, реакция /1/, а также процессов перекристаллизации реликтовых оливинов в метагипербазитах. В результате в последних, как и в альпинотипных породах, отмечаются две генерации оливина : реликтовый форстерит /Fa 5-8/, ассоциирующий с хромитом, и более распространенный новообразованный хризолит выдержанного состава /Fa 10-13/, ассоциирующий с малохромистой шпинелью и хроммагнетитом. Равновесие такого

оливина с тальком устанавливается, согласно данным Гринвуда и Ма-  
ракушева А.А., при 650-700°C и  $P_{\text{общ}}=680$  МПа. В целом возрастание  
железистости оливина в процессе метаморфизма сопровождается увели-  
чением содержания в нем  $NiO$  или  $MnO$ , а также  $Al_2O_3$  и  $CaO$ . Отме-  
чается значимая корреляция между  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn$ , а также  $Mn$  и  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ;  
изоморфизм  $Fe, Mg \rightleftharpoons Ni, Mn, Al (Ca)$ . В зоне контакта метагипербазитов с  
вмещающими metabазитами проявляются также процессы силификации по-  
род /"пироксенизации" гипербазитов/, согласно реакции  $Fo + SiO_2 \rightleftharpoons En$ .  
В железистых породах аналогичная реакция образования ферросилита,  
имеющая в равновесных условиях значение геобарометра, позволила рас-  
считать для различных температурных фаций Ущ  $P_{\text{общ}}=500-580$  МПа /Ку-  
репин В.А., 1981; Белевцев Р.Я., 1982/, т.е. признать изобарическим,  
силлиманит-андалузитового типа региональный метаморфизм щита.

Шпинелиды /титанистые, хромистые, железистые/ отражают сложные  
фазовые взаимоотношения в системе  $TiO_2-FeO-Fe_2O_3-MgO-Cr_2O_3-Al_2O_3$ ,  
пределы изоморфной смесимости компонентов которой определяются сос-  
тавом породы и  $P, T, X_{O_2}$ -параметрами эндогенных процессов. Хотя вычис-  
ление этих величин связано со значительными трудностями, тем не ме-  
нее характеристики изоморфизма и распада сложных шпинелидов пере-  
менного состава могут служить качественными индикаторами петрогене-  
тических процессов. К магматическим образованиям, очевидно, относят-  
ся закономерные сростания магнетита, ильменита и хромистой шпинели,  
которые некогда представляли собой высокотемпературный твердый рас-  
твор в пироксенитах, а также обогащенные титаном хромиты из мета-  
ультрабазитов. Акцессорные хромшпинелиды повышенной железистости  
/ $X_{Fe}=50-70$ / насыщены алюминием / $X_{Al}=30-65$ / и характеризуются высо-  
ким содержанием ультрашпинелевого компонента / $Uls$  до 40 %/. Относи-  
тельно невысокое содержание хрома в рудных минералах, в совокупнос-  
ти с приведенными характеристиками состава позволяет уверенно со-  
поставить вмещающие породы с продуктами первичного расслоения при-  
митивных пикробазальтовых и родственных им магм. Необычное сочета-  
ние в составе шпинелей  $Ti$ ,  $Cr$ ,  $Al$ ,  $Fe$  и  $Mg$ , которые присутствуют  
в качестве основных компонентов, позволяет предположить, что эти  
шпинели выделялись на ликвидусе в сильно восстановительных услови-  
ях периода, предшествующего фракционированию магм на обособления  
основных и ультраосновных расплавов. Метаморфические процессы, про-  
явленные также в альпийотипных и чарнокитовых комплексах /Велин-  
ский В.В., Банников О.Л., 1972; Малл А., Рао М., 1970/, вызвали за-

мещение хромитов хроммагнетитом, хроммагнетитом и зеленой хромпикотитовой шпинелью в температурном интервале 500–900°C /Оэн и др., 1973 ; Ирвин, 1967 ; Медарис, 1975 ; Эванс, Фрост, 1975 и др./ . Эти процессы сопровождались образованием высокоглиноземистых хромсодержащих роговых обманок в интервале 800–900°C и более низкотемпературных серпентинов, хлоритов и магнетитов. В процессе метаморфизма хромшпинелиды из метагипербазитов обогащаются также  $Zr$  , а ильменит и магнетит, соответственно,  $Mn$  и  $V$  . Равновесие между твердыми растворами магнетита /алюомагнетита/ и железистой алюминиевой шпинели, а также ильменитом и магнетитом осуществлялось при температурах 670–750°C в широком интервале колебаний фугитивности кислорода  $-\lg f_{O_2} = 24 - 13/$ , /Остапенко Г.Т., Яковлев Б.Г. и др., 1984/.

Амфиболы. В составе метаморфизованных основных-ультраосновных пород присутствуют кальциевые амфиболы и бескальциевые - магnezийный куммингтонит и антофиллит. В составе более кислых членов формационной серии /гранитов и гнейсов собитового комплекса/ они наблюдаются реже в качестве неустойчивой реликтовой фазы. Устанавливаются несколько сосуществующих разновидностей амфиболов, из которых чаще всего встречаются следующие:  $Hb_1 + Hb_2$ ;  $Hb + Act - Tz$ ;  $Hb + Cum$ ;  $Hb + Ant$ ;  $Act + Cum$ ,  $Ant + Cum$ . При понижении температуры метаморфизма наблюдается закономерное изменение состава кальциевых амфиболов: ранние фазы относятся к ряду чермакит-феррочермакит, затем они вытесняются твердыми растворами серии паргасит-гастингсит и, наконец, актинолит-тремолитовыми амфиболами. Завершающие стадии метаморфизма сопровождаются появлением ассоциации актинолит+куммингтонит, тремолит+антофиллит. Понижение температуры сказывается на уменьшении глиноземности, титанистости и кальциевости амфиболов; железистость, кремнекислотность и щелочность их, наоборот, возрастают. После предельного насыщения натрием и калием, допустимого для амфиболов со структурой  $C2/m$  , появляется разрыв смесимости в рядах  $CaAl - NaSi$  и  $Na - K$  . Щелочные металлы перераспределяются в полевые шпаты, глинозем входит в состав шпинелей, а титан связывается в сфене. Развитие амфиболсодержащих парагенезисов вызвано возрастающим повышением парциального давления воды во флюиде. PT-пик, определенный по реакции /1/, отвечает температуре 870°C при  $P = 0.2 - 1.0 P_{общ}$  /Метаморфизм Ущ, 1982/. При температуре ниже 600°C парагенезис  $Act + Pl_{Na}$  вытесняется минеральными ассоциациями  $Cum$ ,  $Ant + Cal \pm Mt$  , более

распространенными в смежном Росинско-Тикичском районе.

Гранаты представлены соответственно составу пород богатыми и бедными кальцием пиральспитами /до 24 %  $\text{CaOs}$ -минала/. Уграндитовые разновидности граната / $\text{CaOs}$ -*And*-ряда/, наряду с пиральспитами, появляются только в скарноидах, причем содержание андрадитового минала во всех гранатах невысокое. Общая железистость /F/ пироп-альмандиновых гранатов варьирует в пределах 65-99 %, опускаясь в единичных случаях до 50 %. Содержание *Mn*, как правило, невысокое /до 8 % *MnO*/ и только в гранатах из скарноидов оно возрастает до 27 %. Результаты корреляционного анализа предполагают изоморфизм по схеме:  $\text{Mg} \rightarrow \text{Fe}^{2+}, \text{Mn} (\text{Ca})$ , что связывается с закономерным понижением температур метаморфизма и повышением химического потенциала щелочных элементов и кремнезема в ряду пород: метабазит  $\rightarrow$  скарноид  $\rightarrow$  гранит /Усенко И.С., 1960/. Расчет температур равновесия граната с орто- и клинопироксенами и общего литостатического давления дает следующие результаты:  $T \approx 700-880^\circ\text{C}$  при  $P_{\text{общ}}$  от 500 до 1000 МПа /Породообр. гранаты Ущ, 1980/. Бедные кальцием гранаты /до 10 %  $\text{CaOs}$ - и *And*-миналов и до 25 % *Spes*-минала в составе/ при F = 55-95 % становятся устойчивыми только в парагенезисе  $\text{Bi}_{40-85} + \text{Pl}_{\text{Na}} + \text{Kfs}$ , т.е. в гранито-гнейсовой системе. Гиперстен-гранатовая ассоциация чарнокитоидов /"винницитов"/ с падением температуры и увеличением кремнекислотности и щелочности среды скачкообразно сменяется ассоциацией  $\text{Bi}_{50-75} + \text{Gz}_{60-80} + \text{Coz}_{20-35} + \text{Sil}$  бердичевских гранитов и гнейсов. Тенденция к дальнейшему понижению в гранатах *Pyz*-минала с возрастанием *Spes*-минала отражает падение температуры при переходе от бердичевских гранитов к кировоградским и житомирским /Щербак Н.П., 1975/. Одновременно в гранитоидах возрастает количество калиевого полевого шпата, исчезает кордиерит, затем гранат, появляется андалузит и мусковит.

Слюды относятся к флогопит-биотитовому изоморфному ряду. Кроме того наблюдаются лепидолит, фуксит, гидрослюды. Титанистость, глиноземистость и железистость слюд являются информативными показателями условий метаморфизма пород. В частности, по соотношению формульных количеств  $\text{Al}_{\text{IV}}$ ,  $\text{Ti}$  и  $\text{Si}_{\text{IV}}$  в биотитах выделяются с перекрытием составов две группы. Одна из них соответствует субкальциевым породам, а другая - субглиноземистым, причем по мере понижения температуры метаморфизма в биотитах закономерно уменьшается их титанистость и возрастает железистость и кремнекислотность /Щербаков И.Б. и др., 1972, 1984/. Относительное повышение глиноземистости биотитов

и появление мусковита в гранито-гнейсах связано при этом с регрессивной стадией метаморфизма. По показаниям гранат-биотитовых и гранат-кордиеритовых геотермометров и геотермобарометров формирование слюдоносных пород протекало в интервале температур от  $600^{\circ}$  до  $800^{\circ}$  С при давлениях 500-700 МПа и  $X_{H_2O}$  во флюиде от 0.1 до 1.0 /Белевцев Р.Я., 1975, 1982 ; Курепин В.А., 1981, 1991/. По данным Остапенко Г.Т. и др., 1984/ отмечается зональное распределение температурных фаций в пределах западной и центральной частей цита.

Таким образом известковый и железисто-магнезиальный метасоматоз - тенденция к базификации, в результате которой появляются такие новые разновидности пород как пироксенолиты, оливиниты, меланократовые амфиболовые и гранатовые породы, сменяется кремний-щелочным - гранитизационная тенденция. *Al, Ti (Mg и Fe)* при этом остаются относительно инертными. Указанным тенденциям, соответственно, отвечает последовательный ряд равновесных температур метаморфизма : от  $950-900^{\circ}$  до  $800-700^{\circ}$ С /по показаниям дупироксеновых геотермометров/ и от  $800^{\circ}$  до  $600^{\circ}$ С /по кордиерит-гранатовым и гранат-биотитовым геотермометрам/.

### ГЛАВА 3. ГЕОХИМИЯ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

Обработка банка данных по химическому составу пород с помощью факторного и других видов анализов /Елисеев Э.Н., и др., 1971, 1984/позволила выделить на вариационных диаграммах три тренда, соответствующих трем главным породообразующим процессам, которые привели к эволюции состава исходного субстрата и выразились в последовательной смене в породах одних минеральных парагенезисов другими.

1. Магматический /  $T \approx 1300-1400^{\circ}$ С/ с тенденцией фракционирования "феннеровского" типа /от *An* к *Ol* /, приведшей к формированию анортозит-базит-гипербазитовой серии пород, характеризующейся титановой и хромитовой рудной специализацией / Елисеев Э.Н., 1959, 1968/.

2. Метаморфо-метасоматической дифференциации базификационного и гранитизационного направлений с формированием, соответственно, известковистой и силикатно-глиноземистой групп пород.

3. Ультраметаморфический /селективного выплавления гранитной эвтектики/, характеризующийся сульфидно-полиметаллической рудной

специализацией.

Близкое к линейному расположение фигуративных точек состава метабазит-метагипербазитовой серии пород на диаграмме Елисеева Н.А. и РТ-диаграмме Эварда-Елисеевых /проградуированной по соотношению содержаний  $Fe$  и  $Ti$  в логарифмическом масштабе/ характеризует направление фракционирования первичных магм в квазиравновесных физико-химических условиях и сменяющей его трансформации вещества в процессе изохимического метаморфизма.

Дифференциация компонентов геологической системы на последующей стадии аллохимического метаморфизма проявляется в отклонении фигуративных точек состава пород от линейной зависимости, что отражает переход системы в новое для нее неравновесное /"термодинамически открытое"/ состояние. При этом тренд карбонатизации /"базификации"/ метабазитов, судя по вариационным диаграммам, соответствует вполне подвижному поведению ряда компонентов системы, особенно  $CaO$  и  $SiO_2$ . Более низкотемпературные процессы карбонатизации метагипербазитов /Ершов В.П., 1960/ характеризуются помимо увеличения содержания в них  $CaO, MgO$  /привносом/ при последовательном понижении содержания /выносом/  $SiO_2$ . На РТ-диаграмме Эварда-Елисеевых наблюдается понижение температуры в ряду кристаллизации силикатно-карбонатных пород от известково-магнезиальных к известково-силикатным и известково-железистым разновидностям, что согласуется с данными парагенетического анализа /Венидиктов В.М., 1985/.

Третий тренд - анатектического гранитообразования определяет тенденцию, направленную в сторону гомогенизации составов пород, снова приближая геологическую систему к устойчивым, квазиравновесным условиям кристаллизации - линии гранитной эвтектики /котектики/. На диаграмме-модели хода дифференциации магм Елисеева Н.А. фигуративные точки состава гранитоидов распределяются вдоль линии ликвидуса и эвтектической кристаллизации магматического расплава по-"буэновскому" типу. Частично перекрываясь на РТ-диаграмме с полями состава умеренноглиноземистых гнейсов, анортозитов и метабазитов, что подтверждает генетическую связь всех этих пород, фигуративные точки состава гранитоидов проявляют больший разброс по оси давлений, чем по оси температур. Это очевидно указывает на то, что разномобразии состава гранитоидов определяется в большей степени различиями в давлениях / в частности  $P_{H_2O}^{Fl}$  / при их кристаллизации, чем в температурах. Из анализа вариационных диаграмм также следует, что в целом процессы гранитизации преимущественно лейкократовых метаба-

зитов и анортозитов сопредождались, противоположно базификационным, наиболее существенным привносом в систему  $SiO_2$  и щелочных элементов /особенно  $K$  / и выносом  $CaO$  при относительно инертном поведении глинозема и других малоподвижных компонентов. Комплементарность таких разнонаправленных процессов подтверждают расчеты баланса масс.

Таким образом генетическую и эпигенетическую связь всего многообразия развитых в районе пород, рассматриваемых в качестве единой целой системы, подтверждают следующие данные. 1. Переменяемость, как правило, согласно залегающих, с крутым падением пород разного состава - от основных и ультраосновных до ультракислых, как с резкими, так и с постепенными переходами между ними. 2. Наложение или полное совмещение областей распределения фигуративных точек состава минералов из разных пород и самих этих пород и в то же время намеченные ряды, тенденции изменения их вещественного состава. Последние образуют пучки векторов на сводной  $PT$ -диаграмме, что характеризует дивергентный стиль эволюции исследуемой гранулитогнейсовой области.

Повышенное содержание во всех породах района /относительно кларковых/ таких сидерофильных элементов как  $Ni, Co, Sc; Ti, V, Sr$  и таких халькофильных элементов как  $Cu$  и  $Zn$ , подтверждает родство с основными родоначальными магмами, тогда как повышенное содержание  $Ba, Be, Y, Yb, Pb, Ga, La, Ce, Zr$ , а также  $Mn, W, Mo, Cr$  может быть связано либо с первичными особенностями древних примитивных магм, либо является следствием аллохимического характера с привносом компонентов последующих процессов гранитизации пород. Многие из указанных элементов характеризуются подвижным поведением в процессах метаморфизма, который часто приводит к их зональному пространственному распределению и к концентрации в определенных петротипах. Специфичное двойственное поведение ряда литофильных элементов /повышенное содержание  $Ba, Sr, Zr, Ce, La$  при пониженном содержании  $K, Rb, Th, U, Cs$  и др./ в гранулитах не допускает аналогий между ними и породами зеленокаменных или современных океанических областей /Тарни Дж., 1980/. Кроме того, описанная ситуация с габбро-анортозитовой исходной магмой и явно секущими к этому направлению последующими тенденциями существенно отличается от развитых в последних продуктах известково-щелочных и толеитовых магматических серий /Рудник В.А., Собонович Э.В.,

1984/.

В толще пород исследованного района наблюдается, таким образом, четко проявленная тенденция к дифференциации исходного субстрата на две составляющие : субизвестковистую и субглиноземистую при общей направленности химической эволюции пород от кальциевых к натровым и калиевым составам. Одним из выражений указанного механизма распределения вещества является проявленная на различном уровне / минералов, пород и их ассоциаций / геохимическая зональность.

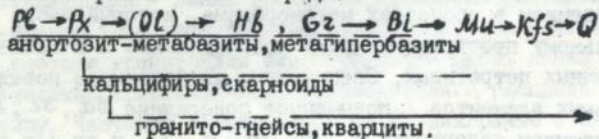
### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований сводятся к следующему.

1. Преобладающая масса пород Днестровско-Бугского района Ущ имеет магматическую природу ; формирование их связывается с фенеровским путем кристаллизации габбро-анортозитовых магм и фракционированием в резко восстановительных условиях, близких к лунным.

2. Структурная и вещественная неоднородность пород гранулитогнейсового комплекса исследованного района вызывалась развитием метаморфо-метасоматической зональности и дифференциации вещества в процессе образования гранитных куполов.

3. Пространственно-временные взаимоотношения минеральных парагенезисов указывают на определенную последовательность метаморфогенного минералообразования, которая соответствует переходу основных пород в кислые. В этот петрогенетический ряд укладывается вся наблюдаемая в районе гамма пород :



4. Эволюция петрогенетических процессов определялась тремя главными факторами : кристаллизационной дифференциацией исходных основных магм, метаморфо-метасоматическим преобразованием их продуктов и селективным выплавлением из этих пород гранитных расплавов.

5. Эти тенденции отражают вариации своеобразных термодинамических условий формирования континентальной коры, отличающихся от

тех, в которых происходило развитие зеленокаменных поясов. Становление континентальной коры происходило в условиях нуклеарного магматизма лунного типа и высокоградиентного метаморфизма умеренных давлений, который в позднеархейское-раннепротерозойское время сменился ширококомасштабными ультраметаморфическими процессами. Реализация указанных процессов происходила по нелинейным законам термоконвекции на квазипериодической /спиралевидной/ траектории их развития.

#### ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Критерии выделения докембрийских геологических формаций /на примере изучения Украинского щита/ //Геология, петрология и корреляция кристаллических комплексов Европейской части СССР : Тр. / 111 регион. петрограф. совещание, г.Днепропетровск, 1979. - Л.:Недра, 1982. - С. 159-162 /соавторы И.С.Усенко, Н.П.Щербак, И.Б.Щербаков/.
2. О формировании глубинных рудоносных поясов в Украинском щите //Метаморфогенное рудообразование : Тез. докл. /У Всес. симпозиум по метаморфизму, г.Апатиты, 1979. - С. 109-111 /соавторы Б.Г. Яковлев, Г.Л.Кравченко/.
3. Пироксены ультраосновных пород //Породообразующие пироксены Украинского щита. - Киев : Наук.думка, 1979. - С.78-84 /соавторы Б.Г.Яковлев, Г.Л.Кравченко/.
4. Гранаты метабазитов /группа III/ //Породообразующие гранаты Украинского щита. - Киев : Наук.думка, 1980. - С.25-26 /соавторы Р.Я.Белевцев, Б.Г.Яковлев/ ; Парагенетические типы гранатов // там же. - С. 120-125 /соавторы Р.Я.Белевцев, И.С.Усенко, Е.Н.Голуб и др./.
5. К проблеме генезиса и номенклатуры пород базит-гипербазитовых комплексов раннего докембрия /на примере Среднего Побужья, Ущ/ //Геол. журн. - 1981. - 41, № 6. - С. 100-111.
6. Типизация магматогенных формаций в раннем докембрии Украинского щита // Современные проблемы палеовулканологии : Тр. /У Всес. палеовулканологический симпозиум, г.Черкассы, 1981. - М.:Наука, 1985. - С. 19-29.
7. Метаморфизм и рудоносность раннедокембрийских комплексов мафических-ультрамафических пород //Регион. метаморфизм и метаморфогенное рудообразование : Тез. докл. /У Межвед. совещание по проблеме метаморфогенного рудообразования и У Всесоюзный

симпозиум по метаморфизму, г. Винница, 1982 /соавторы Б.Г.Яковлев, Г.Л.Кравченко/.

8. Основные-ультраосновные метавулканы древнейшего основания Украинского щита /проблемы формационного анализа/ //Геол. журн. - 1982.- 42, № 5.- С. 100-112 /соавторы И.С.Усенко, Б.Г.Яковлев/.

9. Минеральные равновесия и физико-химические условия метаморфизма мафических, ультрамафических и железистых пород гранулитовых комплексов /Метаморфизм Украинского щита. - Киев :Наук.думка, 1982. - С.262-274 / соавторы Б.Г.Яковлев, Г.Л.Кравченко, С.Б.Степченко и др./.

10. Петрологическая реконструкция субстрата эндербитов Среднего Побужья /Украинский щит/. - Киев, 1983.- 63с.-/Препр./АН УССР. Ин-т геохимии и физики минералов/.

11. Субликвидусный пиконит из раннеархейских пироксенитов // Минерал. журн..-1984. -№6. - С. 53-61 /соавторы Б.Г.Яковлев, О.П. Шаркин, А.А.Вишневский/.

12. Термодинамический режим метаморфизма гранулитовой фации / Гранулитовая фация Украинского щита. - Киев : Наук.думка, 1985. - С. 179-191 /соавторы Р.Я.Белевцев, Б.Г.Яковлев, Е.Н.Голуб и др./.

13. Геохимия процессов эволюции бугитов //Геохимия магматических пород : Тез.докл./XI семинар ГЕОХИ. - М., 1986. - С.75-77.

14. Преобразование первичнокорового вещества в породы гранулитогнейсового комплекса нижнего докембрия Украинского щита // Магматизм, метаморфизм и геохронология докембрия Вост.-Европейской платформы в связи с крупномасштабным картированием : Тез.докл. / У регион.петрограф. совещание по Европ. части СССР, г.Петрозаводск, 1987. - Петрозаводск, 1987. - С. 145-146.

15. Синергетическая модель расслоенных плутоно-метаморфических комплексов докембрия : Тез.докл. / У Всес. симпозиум по кинетике и динамике геохимических процессов, г. Черноголовка, 1989. - С. 176-177.

16. Структурно-вещественная эволюция земной коры в пределах юго-западной части Украинского щита // Геол. журн.. - 1989.-№5.- С. 118-125.

17. Процесс самоорганизации земной коры в докембрии западной части Украинского щита /ретроспектива/ //Геологическая синергетика :Тез.докл. /Семинар, г.Алма-Ата, 1991. - С. 41-42.

18. Петрогенез и структурообразование в докембрии юго-запад-

ной части Украинского щита. - Киев : Наук.думка, 1991. - 104 с.

19. Нелинейная динамика процессов в докембрии Украинского щита //Синергетика геологических систем : Тез.докл./семинар,г.Иркутск, 1992. - С. 83-84.

20. Диссипативные структуры Украинского щита //Проблемы очагового геотектогенеза /соавтор С.С.Быстревская/ - в печати.

21. Сапфирин гранитизированных комплексов Побужья /соавторы Е.А.Кулиш, Б.Г.Яковлев/ - в печати.

*Дин...*

Подписано в печать 4.01.94г Формат 60x84/16

Бумага писчая.Усл.печ.л. I,0. Тираж 100 экз. Заказ № 36

Отпечатано ЦУОП ГНПП "Плодвинконсерв" г.Киев,Саксаганского,1

AB 29.070