

УДК (551.2.03 : 552.32) : 551.71(477)

Э.А. Никулина

ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТООБРАЗОВАНИЯ В ХОДЕ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Распределение вещества в нижнедокембрийской толще юго-западного района Украинского щита отражает крайне неравновесное состояние системы — хаос с элементами зарождающейся упорядоченности. В такой системе с неизохимическим характером преобразований пород и нелинейным развитием процессов становится невозможным проведение стандартной реконструкции — путем установления последовательности событий с привлечением теории метаморфизма, метасоматоза и пр. Предыдущими работами [19, 21] установлены две генеральные тенденции изменения химизма пород толщи: 1) толеитовая и производная от нее 2) известково-щелочная. С помощью корреляции петро- и геохимических характеристик метабазит-гипербазитов района идентифицирован источник и пути преобразования пород толеитовой серии. Данная работа продолжает исследование пород известково-щелочного тренда. При этом отстаивается непопулярная точка зрения, что не тоналиты, а анортозиты, комплементарные основным и ультраосновным породам района, служат субстратом эндербитов и вместе с ними представляют древнейшие породы щита.

Введение. Геология докембрия — наш ретроспективный взгляд на раннюю историю Земли, которая рассматривается как последовательность неких событий (магматизма, метаморфизма, тектонических движений и пр.) и их фрагментов с выделением фаз магматизма или складчатости, фаций и субфаций метаморфизма и т. д. Такая последовательность устанавливается по наблюдаемым структурным соотношениям пород, их изотопно-геохронологическим датировкам и вещественно-генетическим реконструкциям. Традиционно при этом используются теоретические основы классических наук — статика и линейных законов классической динамики. Тектоника, например, построена в основном на законах механики. На принципе локального равновесия основана теория метаморфизма и метасоматоза. Аппарат обратимых уравнений (обменных равновесий) с линейными зависимостями между распределением компонентов и термодинамическими переменными широко используется в практике минералогической геотермо- и барометрии. Линейное соотношение изотопов урана и свинца, обусловленное

скоростью распада урана, положено в основу геохронологических вычислений. В свете современных представлений [5, 8, 12, 14, 23, 24 и др.], ни суть реальных явлений и процессов, ни их последовательность такой подход адекватно отражать не может. Геологические объекты не консервативны, происходящие в них процессы неравновесны и их развитие происходит по нелинейным законам.

Цель работы — показать справедливость нового взгляда на природу вещей, проиллюстрировать применимость новой парадигмы И. Пригожина к старому объекту исследования. Для этого проведем анализ особенностей внутреннего строения толщи юго-западной части щита, известной под названием Днестровско-Бугской гранулит-гнейсовой области.

Критический обзор представлений. Типичный разрез нижнего докембрия данной области — это, как правило, согласно залегающие пачки контрастных по химическому составу пород с довольно крутым их падением и резко меняющейся мощностью. Невыдержаны также химический и минеральный состав отдельных разностей пород, их микроструктурные характеристики. Такой разрез, прежде всего, свидетельствует об отсутствии химического и

© Э.А. Никулина, 2010

термодинамического равновесия в системе. Применение теории метаморфизма и метасоматоза с их стандартным аппаратом к объекту исследования приводит к субъективному, противоречивому и зачастую не согласованному описанию его. Например, наблюдаемые признаки зонального распределения вещества в пространстве позволяют трактовать их в качестве региональной метаморфической (вертикальной [26], латеральной [2]), локальной метасоматической и даже тектонической зональности [9]. Трудности в разграничении подобных процессов приводят к появлению таких смешанных терминов, как "аллохимический метаморфизм" или "региональный метасоматоз", а также "метаморфически-метасоматические" или "метаморфо-метасоматические" формации и процессы [6, 17 и др.].

Основываясь на представлении об изохимическом характере метаморфических процессов, субстратом древнейших эндербитов (с оценками возраста около 4 млрд лет) исследователи признают тоналиты [27, 28]. Однако породы района в основной своей массе, включая эндербиты, не являются продуктом изохимического метаморфизма субстрата, о чем речь пойдет ниже. Вместе с тем в полной мере их нельзя признать и продуктом метасоматического преобразования кристаллосланцев, как считали в свое время авторы [22]. Кроме того, предусмотренные теорией метаморфизма и метасоматоза механизмы формирования структур (равновесных или стационарных по сути) не объясняют особенностей реального распределения вещества. Помимо зональных пространственно однородных структур, в литературе фиксируется и временная периодичность процессов — их полицикличность [6, 11, 25], а также более сложные режимы структурно-вещественной организации. Однако, даже признавая тектоническое течение материала с элементами ламинарного и турбулентного строения [9], явно свидетельствующими о сценариях перехода между хаосом и порядком [1], геологи, как правило, не могут оторваться от привычных идеализированных и механистических категорий мышления, ограничиваясь рассмотрением линейных микроструктур. За отдельными фрагментами не видя целого, они зачастую чисто статистически и то не в полной мере учитывают микроскопические события. При этом неравновесие считается не свойством самой системы,

а совмещением в пространстве разновременных и принадлежащих к разным фациям генераций минералов и пород, вызванным изменением внешних факторов (T, P, t).

Обсуждение результатов исследований в новой интерпретации. Дифференцированность толщи, проявленная на всех иерархических уровнях ее сложности — в минералах, породах, формациях и т. д., является следствием дивергентного стиля ее эволюции [17, 18]. В отличие от конвергентного (при равновесии), он характеризуется рождением нового с возрастанием многообразия. При всей анизотропии (структурной неупорядоченности) подсистем наблюдается, однако, высокая степень организованности системы в целом. Это выражается формированием в процессе ультраметаморфизма иерархии нелинейных структур концентрически-зонального строения. Такие длительно функционирующие диссипативные структуры могли возникнуть только в условиях, достаточно удаленных от равновесия [23]. Причем наблюдаемая зональность пород и минералов, согласно Г. Николису и И. Пригожину [14], объясняется не столько разновозрастностью отдельных зон, сколько нарушением пространственной и временной симметрии при распределении вещества. Поэтому для описания подобных систем, как утверждают эти авторы, непригодны теории, использующие идеализированные и абсолютные понятия — такие, как симметрия, равновесие и разного рода постоянные (константы). В частности, это касается теории метаморфизма и метасоматоза, которые построены на принципе локального равновесия и объединены в понятие "ультраметаморфизм" [17]. Попробуем еще раз убедиться в справедливости такого посыла [12] на конкретном примере рождения гранитов из основного субстрата.

Карьеры п. Завалье, г. Гайворон, с. Кошаро-Александровка, расположенные на левом берегу р. Ю. Буг, прекрасно обнажают древнейшие образования Украинского щита (УЩ). Здесь перемежаются породы от основного до кислого состава преимущественно северо-западного простирания, среди которых преобладает парагенезис эндербита с метабазитом. Вязкое течение материала, обладающего разными реологическими свойствами, в частных случаях приводит к нарушению субсогласного залегания этих пород. Однако в [3, 25] приведены дополнительные сведения, позволяю-

шие их авторам трактовать подобные формы залегания метабазитов в качестве дайковых. Реже среди меланократовой компоненты указанного парагенезиса встречаются оливинсодержащие породы переходного состава от оливинита к пироксениту (пироксенолиту), конвергентно повторяющие признаки коматиитов [19, 30]. Метаморфизованные разности основных пород генетически и эпигенетически связаны с ультраосновными породами. Они характеризуются переменчивым химическим и минеральным составом [17—19, 31 и др.]. В парагенезисе этих пород присутствуют $OPx + CPx + Pl \pm Hbl, Gr^*$. Кроме того, в их составе встречается Vt, Ilm и Mt , иногда сульфиды, шпинель, а также апатит и даже несвойственные основным породам кварц, калишпат и акцессорный циркон. Существенно изменяются также микроструктурные характеристики этих полосчатых (мелано-лейкократовых) пород. Четкой закономерности распределения разностей этих пород в пространстве, однако, не обнаруживается, хотя иногда (в больших массах вещества) и улавливаются фрагменты ритмического их строения (по железистости). В целом железистость метабазитов изменяется от 5—10 до почти 100 % (при содержании $TiO_2 - 0-5\%$). Согласно петро- и геохимическим характеристикам такие породы, включая лейкократовые разности, принадлежат к производным одной серии — толеитовой магматической [19, 21].

Эндербитовая составляющая толщи, в свою очередь, представлена разгнейсованной и в разной степени минерализованной мелкозернистой породой (эндербитогнейс) с реликтовым исчезающим гиперстеном. Нагляднее всего проявлено в этих породах наложенное окварцевание. Наряду с кварцем имеет место, как и в метабазитах, $Hu, Pl, Hbl, Kfs \pm (Gr, Vt)$ бластез пород, наиболее четко выраженный в пограничных приконтактных зонах. Подобные явления и трактуют чаще как проявление полифациальности, причем с одноразовым

или даже неоднократным проявлением гранулитовой фации [6, 11, 13], и тем самым — неравновесности парагенезисов. На практике же констатация отдельных генераций минералов и особенно их сингенетичности из-за нарушения корреляции свойств в минеральных парах при парагенетическом анализе [6] довольно субъективная. Наряду с аллохимическим характером преобразований это обстоятельство склоняет некоторых исследователей (Р.Н. Довгань) вернуться к концепции метасоматического генезиса пород района. Однако в чистом виде и эта теория в полной мере не объясняет характера распределения вещества в пространстве и времени.

Метасоматическим процессам свойственны, например, формы проявления их продуктов в виде самостоятельных тел — пород моно- ($Hu, Pl, Hbl, Gr, Vt, Kfs, Q$) или полиминерального состава, нередко зонального распределения. Среди полиминеральных выделяются, кроме пироксенолитов, скарноиды или скарноподобные породы, а также разнообразные гранитоиды. В соответствии с набором минеральных фаз гранитоиды принадлежат к проявлениям чарнокитоидов литинского (γ_{h_2}), калишпатовых гранитов побужского (γ_{pb}) или $Gr-Vt \pm (Crd)$ мигматитов и гранитов бердичевского (γ_{bd}) комплексов. Причем сами эти гранитоиды, включая эндербиты гайворонского (γ_{h_1}) комплекса, могут в какой-то мере рассматриваться как неравновесная смесь минеральных фаз скарнообразующих или базификационных процессов и кремнещелочного метасоматоза [19] (рис. 1).

Известно, что процессы скарнообразования, сопровождающие ультраметаморфизм стадии воздымания, в областях докембрия могут происходить при воздействии на горные породы Fe-Mg-Ca-содержащих растворов. Состав этих растворов в некоторых случаях определяется составом вмещающих (основных) пород независимо от присутствия карбонатных (Геол. словарь, 1973, "Скарнообразование"). Такие сквозьмагматического происхождения растворы вызывают гранитизацию пород, сопровождаемую зонами опережающей или остаточной базификации (Геол. словарь, 1973, "Базификация"). Подобные базификаты — породы, обогащенные Mg, Fe, Ca, Mn (Ti, P) за счет выноса или перераспределения фемических компонентов (в случае опережающей базификации) либо кремнезема (в

* Здесь и далее символы минералов: An — анортит, Vt — биотит, Cc — кальцит, CPx — клинопироксен, Crd — кордиерит, En — энстатит, Fo — форстерит, Gr — гранат, Hbl — роговая обманка, Hd — геденбергит, Hu — гиперстен, Ilm — ильменит, Kfs — калишпат, Mt — магнетит, Ol — оливин, OPx — ортопироксен, Pl — плагиоклаз, Px — пироксен, Q — кварц, Sa — санидин, Sil — силлиманит, Sph — сфен, Sp — шпинель.

случае остаточной), практически неотличимы от продуктов собственно скарнообразующих процессов, за которые их часто принимают.

Неравномерность проявления и состава таких пород обусловлена, согласно формулировке статьи "Базификация", особенностью привноса-выноса компонентов, а также неоднородным распределением и составом растворов в сложнислоцированных толщах. Высокое парциальное давление углекислоты (P_{CO_2}) в этих растворах обуславливает, в частности, реакции карбонатизации, приводящие к формированию скарнообразующих парагенезисов типа магнезиальных скарнов с форстеритом, кальцитом, шпинелью, флогопитом и клиногумитом. Такие породы, именуемые кальцифирами, слагают центральные части жильных образований зонального строения: $Pl - Crx - Fo + Cc + Sp$ мощностью до 1 м среди чарнокитоидов с. Люшневатое и в окрестностях г. Первомайск [17]. Их скопления значительно большей мощности обнаруживаются в межкупольных синклинальных структурах. На территории Верхнего Побужья породы этого типа описывают уже в виде более низкотемпературных известковых скарнов зонального строения с диопсид-салитом, скаполитом, волластонитом, эпидотом, сфеном и апатитом [6 и др.].

Метасоматический генезис подобных образований подтверждается, кроме форм залегания, также данными об изотопном составе кислорода и углерода в карбонатных породах. Например, для пород капитановской структуры, согласно данным [7], большинство результатов анализов соответствует метасоматическим образованиям. Единичные положительные значения δC^{13} при $O^{18} \approx 20$ при этом можно объяснить проникновением (затягиванием) в подобные меланжированные зоны более молодых карбонатных пород осадочного происхождения. Вероятны также поздние вторичные изменения древних метасоматических аналогов гидротермальными растворами, взаимодействующими изотопный состав этих осадков. В других местах соотношения могут меняться вплоть до обратных (к примеру Завалье).

С выносом кремнезема и привносом (перераспределением) кальция в зонах базификации связывается плагиоклазовый порфиروبластез и возникновение лейкократовых полос в метабазит-чарнокитовом парагенезисе. Эти полосы, в свою очередь, легко замещают-

ся палингенно-метасоматическими мигматит-плагиогранитами. Реакции карбонатизации мафитов — производных габбро-анортозитовой магмы (изначально фракционированной на анортозит-норитовую, троктолит-дуניתовую и толеитовую составляющие) также связаны с аналогичным "привносом" CaO и выносом ($\pm MgO$), о чем свидетельствуют вариационные диаграммы [17]. Результирующий изохимический вариант их представляет метаморфическая реакция: $An + 3Nd + 4CO_2 \rightarrow Ol + Sp + 4Cc + 7SiO_2 \downarrow$, направленность которой обусловлена благоприятной кинетикой процесса с учетом диффузии.

Очевидно, к подобным базификатам следует относить также скопления и полосы темноцветных магнезиальных минералов повышенной глиноземистости в метабазитах, которые перемежаются со скоплениями лейкократовых минералов, придавая породам характерный полосчатый облик. Такие новообразования (пироксенолиты) возникают уже в результате реакций гидратации и связанной с ними десиликацией этих пород: $Px + Pl + H_2O \rightarrow Hbl \pm (Gr) + SiO_2 \downarrow$ (при определенном составе минералов и их соотношениях [17], а также упомянутых выше ограничениях). В свою очередь, они участвуют в ионно-диффузионной и диффузионной биметасоматической зональности: $ma - \sigma_2 - \sigma_1 - \sigma s^*$, повинной в появлении коматиитоподобных (σ_2) пироксеновых пород. Оливиновые же их разновидности (σ_1) являются следствием встречной реакции — силификации гипербазитов: $Fo + SiO_2 \rightarrow 2En$.

Возрастание кислотности растворов при их инфильтрации, сопровождающее процессы гранитообразования, ответственно за появление наиболее железистых (+Mn) парагенезисов ортопироксена и граната — аналогов собственно скарнов, которые наблюдаются в лежащем контакте базит-гипербазитов капитановского тела с гранитоидом.

К явлениям гидротермального кремнещелочного метасоматоза можно отнести и зональность такого типа: $\gamma h_1 - \gamma h_2 - Q$, которая наблюдается в карьере с. Кошаро-Александр-

* Здесь и далее символы пород: gns — глиноземистый гнейс, ma — метабазит, q — кварцит, γh — чарнокитоид, sb — собит, sk — скарноид, tn — тоналит, vn — винницит, σ — пироксенолит, σs — серпентинит, γ — гранит.

ровка и ряде других мест Побужья. К крупнозернистым чарнокитоидам (γh_2) приурочены гнезда граната, биотита, калишпата и роговой обманки, которые в виде включений находятся также в центральной кварцевой зоне. Таким образом, действительно фиксируется как бы наложение продуктов кремнещелочного метасоматоза на скарнообразные меланократовые парагенезисы с перекристаллизацией последних. При этом в породах резко возрастает содержание легких редкоземельных элементов и в целом изменяется на обратный наклон спектров лантаноидов [19]. Положительный знак европиевой аномалии [10] сохраняют только реликты наименее измененных апоанортзитовых эндербитов. Параллельное (зональное) расположение по отношению друг к другу обнаруживают также жилы кварцита с глиноземистыми гнейсами ($qns_{Bi}-q$) с. Саботиновка и высокоглиноземистыми ($qns_{Gr-Crd-Bi}-q$) в кодымском карьере у г. Первомайск. Такие взаимоотношения пород могут свидетельствовать о явлении магматического замещения или о постмагматической фазе кремнещелочного метасоматоза. В последнем случае имеют место, в частности, реакции силификации глиноземистых рестигов плавления: $3Sp + SiO_2 \rightarrow Sa$, $2Sp + 5SiO_2 \rightarrow Crd$, $3Sp + 5SiO_2 \rightarrow 2Sil$ [17].

Примечательно, что в розовом аплит-пегматоидном граните, который относится в стратиграфических схемах к побужскому комплексу (γ_{pb}), кварц, как правило, уже гранулирован. Зональное распределение обнаруживают и гранитоиды Верхнего Побужья с кристаллизацией реакционной контактовой зоны винницита между чарнокитом и бердичевским гранитом: $\gamma h_2 - tn - \gamma_{bd}$ или собита на границе чарнокитоидов с кировоградским гранитом (гайсинский комплекс): $\gamma h_2 - sb - \gamma_{kv}$ (рис. 1).

Зональное пространственное распределение вещества с близким по времени, согласно теории метасоматоза, формированием отдельных зон сменяется жильными формами их проявлений, уже явно секущих ранний парагенезис $\gamma h_1 - ta$. Развитая сеть жил, к примеру, розовых калишпатовых гранитов побужского типа придает этому как бы реликтовому парагенезису глыбовый, а в препарированном виде — конгломератовидный облик (с. Красненькое, г. Новоархангельск, р. Ятрань и др.). В таком проявлении глыбы серого цвета (наглядно более раннего материала) отделены от

позднего розового гранитного рубашкой выше упомянутого состава — Hu, Pl, Hbl, Gr, Vt или смесью этих минералов — породами типа чарнокит (γh_2), тоналит (tn), $Gr-Vt$ и Vt -гнейс и мигматит. Подобные взаимоотношения пород позволяют геологам уже более уверенно намечать некую последовательность образования самих гранитоидов: $\gamma h_1 - (\gamma h_2) - \gamma_{bd}, \gamma_{pb}, \gamma_{kv}$, в общем подтверждаемую изотопным возрастом. Однако такая последовательность гранитообразования нередко нарушается из-за исчезновения отдельных членов ее ряда, т. е. данная закономерность — нелинейная.

Во всяком случае, тоналитовый минеральный парагенезис с $Hbl \pm (Gr, Vt)$ в составе лучше всего представлен среди собитов гайсинского комплекса и занимает в указанной последовательности более позднее по отношению к эндербиту (γh_1) положение. Следовательно, он не может быть субстратом такого эндербита, как считают сторонники преимуществ хроностратиграфической реконструкции событий [27, 28]. Занимая широкую область состава на диаграмме $Q - Kfs - Pl$, перекрывающую поля развития кварцевых диоритов и гранодиоритов [29] и совпадающую с областью развития собственно тоналитов (рис. 2), эндербиты рассматриваемой территории не являются, однако, изохимическим эквивалентом этих магматических пород.

Данное обстоятельство обусловлено рассмотренным ниже механизмом их формирования. Невозможно также подтвердить происхождение эндербитов непосредственно из тоналитовой расплава, согласно представлению F. Barker, о чем упоминает Е.В. Бибикина [4]. Ведь реликты этих пород (в такой же мере, как и андезитов или дацитов, согласно версии И.Б. Щербакова) среди эндербитов до сих пор не встречены. Нет и достоверных свидетельств метаморфизма прогрессивной ветви.

Таким образом, констатируемый выше факт возникновения в развивающейся системе как параллельного (одновременного), так и последовательного расположения в пространстве одних и тех же типов гранита $\gamma h_1 - \gamma h_2 - \gamma_{bd,pb}$ не укладывается в рамки привычных петрологических концепций их формирования с привлечением теории метаморфизма, метасоматоза, гидротермальных процессов или их последовательной смены во времени. Необъяснимо и совмещение во времени и пространстве прямо противоположных реак-

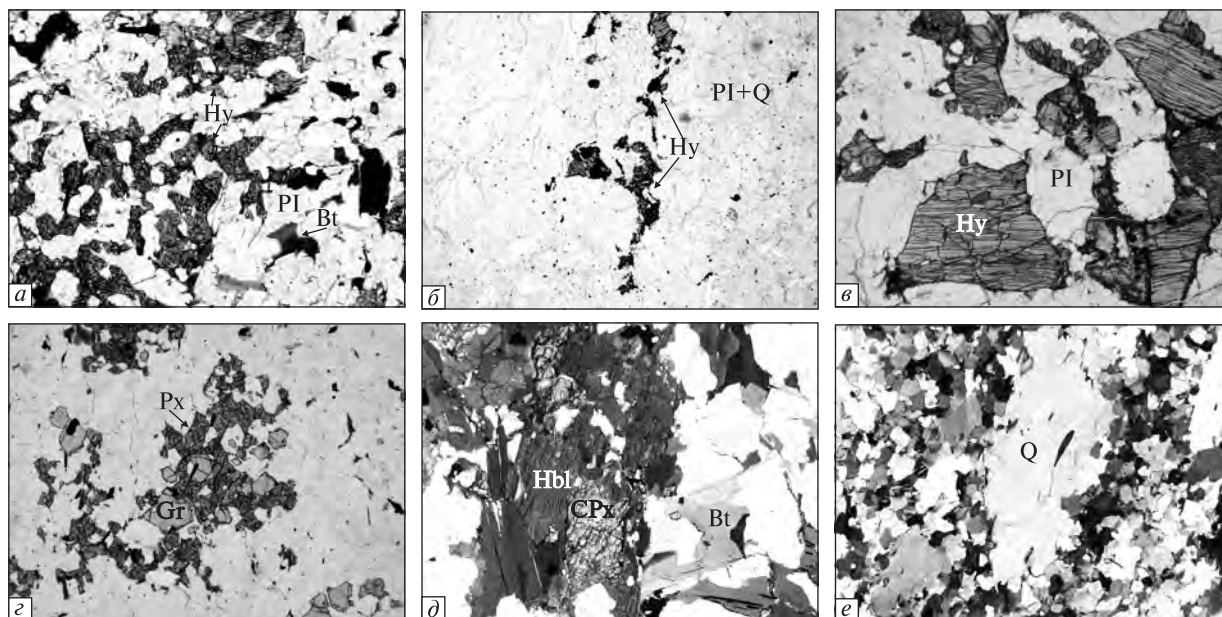


Рис. 1. Переходы между типами гранитов, обусловленные кинетикой процессов базификации (с бластезом Hy, CPx, Gr, Hbl) и гранитизации (кремнeshелочного метасоматоза — с кристаллизацией Kfs, Bt, Q, вплоть до формирования фельдшпатовых кварцитов (q), биотитовых и калишпатовых метасоматитов): а — реликтовый участок анортозит-норитового состава ($Pl_{80-100} + Hy_{30}$) среди Hy-гнейса (с Bt и Q)^{BT}, т. е. эндербита, который, в свою очередь, встречается в качестве остатков среди розовых пегматоидных гранитов. Рассланцованные зоны контакта пород подчеркнуты скоплениями Bt и Gr, р. Синюха; б — рассланцованная, тонкополосчатая (местами милонитизированная) и интенсивно окварцованная порода ($Hy_{40} + Pl_{30}$)^{pecl} ± Gr — (Bt, Kfs, Q)^{BT} — эндербито-кварцит ($\gamma h_1^1 - q$), чередующийся с метабазитом, г. Гайворон; в — жильная крупнозернистая Pl + Hy (± Hbl, Bt, Kfs, Q)^{BT} порода — чарнокитоид (γh_2), рассекающая ассоциацию $\gamma h_1 - ma$, тывровский карьер; г — переходная разность пород от чарнокитоида к бердичевскому граниту — винницит (vn) — $Hy_{50} + Pl - (\pm CPx, Gr)^{BT} - (Bt, Kfs - Q)^{BT}$, с. Крутнев возле г. Хмельник; д — тоналитовый парагенезис (CPx + Hbl + Ti-Mt, Sph + Pl + Q) марьяновского карьера под г. Гайсин — меланократовая разность Hbl-плаггиогранитов-собитов (sb) с Bt, Kfs и Q^{BT}, развивающихся на контакте чарнокитоидов с кировоградскими гранитами (гайсинский комплекс), р. Ятрань; е — розовый аплито-пегматоидный гранит (γ_{pb}) с реликтовыми порфирокластами кварца и окружающим его мелкозернистым агрегатом фельдшпатоидов, с. Капитанка

Fig. 1. Photomicrographs of samples from the Dniester-Bug granulite-gneiss district of the Ukrainian Shield. *Mineral abbreviations*: Bt — biotite, CPx — clinopyroxene, Gr — garnet, Hbl — hornblende, Hy — hyperstene, Kfs — K-feldspar, Pl — plagioclase, Q — quartz, Sph — sphene, Ti-Mt — Ti-magnetite. The transition between granite's types caused by kinetics of basification (with blastesis of Hy, CPx, Gr, Hbl) and granitization processes (silica-alkaline metasomatism with crystallization of Kfs, Bt, Q right up to feldspatic quartzites (q), Bt- and Kfs-metasomatites): a — relict plot of the anorthosite-norite composition ($Pl_{80-100} + Hy_{30}$) among Hy-gneiss (with Bt and Q)^{second} or enderbite that occurs in its turn as the remains among pink pegmatoid granites. Schistose zones of the rocks' contact are underlined by Bt- and Gr- accumulations, the Sinjucha river; б — schistic thin-striped (somewhere mylonitized) and intensive silicified rock ($Hy_{40} + Pl_{30}$)^{relict} ± Gr — (Bt, Kfs, Q)^{second} — enderbite-quartzite (q) alternated with metabasites, Gayvoron town; в — veine coarse-grained rock Pl + Hy (± Hbl, Bt, Kfs, Q)^{second} — charnockitoid (γh_2) dissecting the association $\gamma h_1 + ma$, Tyvrov town; г — transitional difference of rocks from charnockite to "Berdichev" granite — "vinnitite" (vn) $Hy_{50} + Pl - (\pm CPx, Gr)^{second} + (Bt, Kfs - Q)^{second}$, Krutnev vil. near Khmelnik town; д — "tonalitic" paragenesis (CPx + Hbl + Ti-Mt, Sph + Pl + Q), of Marianov's quarry near Gaysin town — melanocratic difference Hbl — plagiogranites — "sobites" (sb) with Bt, Kfs and Q^{second} developing on the contact of charnockitoids with "Kirovograd" granites (Gaysin complex), the Yatran river; е — pink aplite-pegmatoid granite (γ_{pb}) with relict quartz porphyroclasts and fine-grained feldspars aggregate surrounding it, Kapitanka vil.

ций (десилюкации-силификации, карбонатизации-гидратации). То есть с этих позиций не подтверждается ни одна из высказанных ранее гипотез происхождения эндербитов района, которые обсуждаются в работе [10]. Это в

равной степени относится к объяснению их генезиса как интрузивно-магматического (в понимании Н.И. Безбородько), так и изохимического метаморфизма гетерогенных продуктов тоналитового или андезит-дацитового

состава с примесью осадочного материала. Не подтверждена фактами обратной зональности в минералах также высказанная авторами [10] версия реститового генезиса эндербитов при выплавлении гранитной эвтектики из такого весьма сомнительного и проблематичного материала. Как следует из выше сказанного и данных предшественников, более привлекательной может показаться идея чисто метасоматической концепции генезиса эндербитов [22], если бы меланократовые основные кристаллосланцы легко поддавались этому процессу. В то же время идея селективного плавления метабазитов при формировании субстрата эндербитов [30] хорошо обоснована экспериментальными данными.

Наиболее логично, с нашей точки зрения, представить в качестве первичного субстрата эндербита (γh_1) магматические анортозиты, а для чарнокитоидов (γh_2) — наряду с эндербитом и более поздние метасоматические плагиоклазовые породы зон базификации.

Такие реально существующие и наблюдаемые породы нередко перемежаются с древним метабазит-эндербитовым парагенезисом. Часть из них, занимая область развития тоналитов на диаграмме Ca — Na — K (рис. 2), имеет комплементарный базитам и гипербазитам состав, что демонстрирует групповая компонентная (факторная) диаграмма [17] и диаграммы В. Лодочникова [19]. В то же время развитый минеральный бластез вследствие гранитизации, а также опережающей и остаточной базификации делают эти породы, согласно В.М. Венидиктову [6], гетерогенной смесью неравновесных парагенезисов.

Примечательно, что при явно выраженном неизохимическом характере процессов во многих частных случаях формирование гранитов по анортозитовому субстрату в целом, как показывает баланс масс [31], происходит без существенного привноса вещества извне, главным образом за счет внутреннего его перераспределения (метаморфическая дифферен-

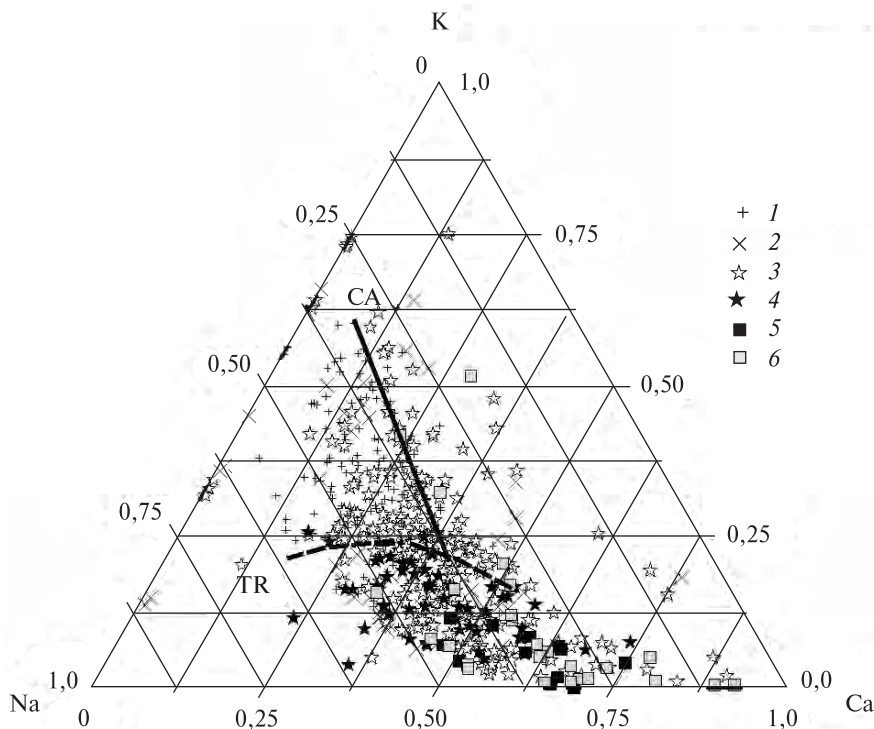


Рис. 2. Распределение фигуративных точек состава гранитоидов Побужья на диаграмме Na — K — Ca. TR — трондьемитовый и CA — известково-щелочной тренды. В поле тоналит-трондьемитовой серии располагаются переходные разности пород: 4—6 — от анортозитов (An) до эндербитов (γh_1), известково-щелочную группу формируют породы: 1—3 — от чарнокитоидов до нормальных гранитов

Fig. 2. Distribution of figurative points of the granitoids composition from the Bug area on the Na — K — Ca diagram. Conventions: TR — trondjemite and CA — calk-alkaline trends. In the field of tonalite-trondjemite series the transitional rock differences are disposed from anorthosites (An) to enderbites (γh_1), N 4—6 and rocks from charnockitoides to normal granites, N 1—3 form of the calk-alkaline group

циация и перекристаллизация). Но реальное распределение вещества в пространстве и времени адекватно не описывает ни теория метаморфизма, ни метасоматоза, ни их сочетание.

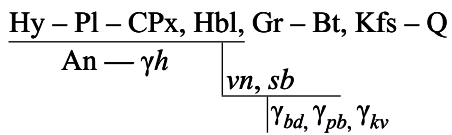
Традиционно практикуемый количественный петрологический подход к стратификации толщи подобного внутреннего строения использует принцип локального равновесия. Он не противоречит неравновесности системы в целом и позволяет рассчитать локальные значения параметров подсистем (T , P , t), которые могут отличаться от значений независимых параметров всей системы. Однако его применение к объекту исследования в силу обратимости используемых уравнений, не обладающих временной направленностью (инвариантных относительно обращения времени) и "не делающих различия между прошлым и будущим", "безразлично" к выбору решения. Следовательно, не исключается и концепция Ю.Ир. Половинкиной (1966) (Геол. словарь, 1973, "Ультраметаморфизм") о регрессивной направленности процессов ультраметаморфизма. Согласно этой концепции, регрессивны и процессы гранитообразования по отношению к метаморфизму гранулитовой фации, который происходил в сухих условиях. Соответственно, к амфиболитовой фации, при которой начинается выплавление гранитной эктектики, температура уменьшается от 900—950 до 600—700 °С при росте парциального давления воды во флюиде P_{H_2O} от 0,1—0,05 P_s до 0,2—0,8 [13, 30]. Такая регрессивная направленность моноциклического регионального метаморфизма (как альтернатива полициклическому развитию щита) действительно подтверждается изучением структур распада, замещения и зональности в минералах, хотя оценка последовательности событий без знания механизмов формирования подобных структур и не всегда объективна. Конечным результатом процесса ультраметаморфизма, включающего, согласно определению З.И. Петровой и В.И. Левицкого, цитируемому в работе [17], высокотемпературный метасоматоз, гранитизацию, выплавление и кристаллизацию гранитных магм, а также магматическое замещение, служит формирование палингено-анатектических и метаморфических гранитоидов — мигматитов. Такие гранитоиды характерны для этапа погружения земной коры в раннем докембрии, предваряющего ее воздымание. При нарастании явлений грани-

тизации, кремнeshелочного и щелочного метасоматоза они сменяются палингено-метасоматическими мигматит-плутонами и, наконец, интрузивно-анатектическим гранито-гнейсовым куполообразованием. Сегрегация гранитного материала в купола с отжиманием реликтов и реститов в межкупольные пространства обуславливает важный элемент тектоностратиграфии района. Такова, действительно, направленность процессов ультраметаморфизма — "стрела времени".

Вместе с тем, что очень важно, не проследивается ни строгой последовательности описанных процессов, ни изменений характеризующих их локальных параметров подсистем в разрезе толщи. Нет и равномерного распределения их в пространстве. Скорее имеет место хаотическое распределение и продуктов этих процессов, и параметров. Более того, не соблюдается линейная зависимость распределения компонентов в минеральном веществе, которое избрано для оценки числовых значений таких параметров [16, 18]. Следовательно, линейные решения, описывающие возникновение пространственно однородных (стационарных) структур при моноциклическом режиме развития, согласно модели Р.Я. Белевцева [2], не адекватны более сложным реальным объектам. Вместе с тем концепция полициклического развития геологических процессов во времени, принадлежащая В.М. Венидиктову [6], практически оторвана от пространственного фактора формирования нестационарных диссипативных пространственно-временных структур. Принимая во внимание, что циклы — это замкнутые траектории (предельные циклы), подобные концепции, включающие квазипериодические движения, работают в области динамики регулярных структур. Оба эти подхода предусматривают полную предсказуемость поведения системы.

Предложенный нами ранее [17, 20] скользяще-ступенчатый (волновой) механизм минерало- и пороодообразования толщи путем наложения (совмещения) во времени со смещением в пространстве порций вещества, приводящих к формированию гранитоидов из основного субстрата: $An (ma) - \sigma$, $Sk - \gamma$, распространяется и на процессы формирования самих гранитоидов. Механизм их формирования и взаимоотношений хорошо отражает такая схема последовательности продуктов скарнообразования и кремнeshелочного мета-

самата (у чунігавая, что обіткі і канівыі полей шпата і кварца вліваюць на іх сквозьмымі мінераламі):



В основе подобной последовательности лежит нарушение симметрии пространства-времени — постулат теории самоорганизации систем в условиях, далеких от равновесия. Такое нарушение предусматривает неустойчивость, скачки и, следовательно, непредсказуемость поведения системы. В подобных случаях под действием возникающих параметров порядка может происходить структурирование в резко градиентной среде. Вследствие нарушения пространственной симметрии возникают зональные структуры, а временной — появляются предельные циклы [1]. Разумеется, ни о генерациях, ни о строгой последовательности частных событий в пределах одного цикла, предлагаемого концепцией Ю.Ир. Половинкиной, как и изохимическом характере их говорить не приходится, хотя и соблюдается в общем строгая направленность процесса эволюции — "стрела времени" Эддингтона [24]. Но и обособленно выделять циклы без пространственной привязки эволюционирующего вещества (структурно-вещественного подхода в подлинном смысле), что практикуется геохронологическими и структурно-тектоническими исследованиями — бесперспективно. Поскольку в структурировании толщи принимает участие время, моделью возникающих пространственно-временных структур могут служить помимо упорядоченности типа "предельного цикла" более сложные — "спиральные волны" и даже непериодические режимы.

Таким образом, можно согласиться с мнением тех исследователей, которые утверждают, что в силу реальной гетерогенности пород и неравномерного распределения минералов в них, не выполняется на практике условие равновесия, которое определяется равенством химических потенциалов каждого из компонентов во всех участках системы. Неравенство термодинамических параметров и химических потенциалов каждого из компонентов в разных участках гетерогенной геологической системы, по утверждению авторов [5, 12], не соответствует не только условиям термодина-

мического и химического равновесия, предусматривающим их выравнивание. Такое состояние, очевидно, не соответствует и условиям локально-мозаичного равновесия, при котором энтропия зависит от локальных макроскопических переменных, но не от их градиентов.

Проведенные нами в последнее время структурно-минералогические исследования калишпатов и кварца показали, в частности, существенную роль кинетики процессов гидратации толщи в ходе ее эволюции. При этом весьма заметна роль местных и временных колебаний свойств (флуктуаций) даже в малых участках системы. Но между этими свойствами и термодинамическими параметрами тоже нет линейной зависимости. То есть реальное распределение вещества в геологических объектах, согласно теории И. Пригожина [23], не подчиняется и правилам химической кинетики — науке о линейных законах протекания химических процессов во времени, их скоростях и механизмах.

В подобных случаях, когда сам возраст зависит от вида распределения, а распределение не описывается траекторией [15], теряет смысл реконструкция исходного состояния системы без знания конкретного механизма действия. По утверждению П.М. Горяинова с соавторами [8], это касается восстановления путей транспорта тектонических движений, их векторов и амплитуд, что служит предметом структурно-тектонического анализа. Далее это можно распространить и на обычную петрологическую процедуру "снятия метаморфизма", а также установление последовательности событий по случайным геохронологическим датировкам. Авторы [8] утверждают, что в силу объективных причин щит в целом сохраняет только отрывочные данные, а не искомую геологами последовательную информацию — "память" о событиях прошлого. Полученную информацию зачастую трудно или даже невозможно объяснить в рамках ни одной из существующих сегодня геодинамических концепций, построенных на механике сплошных сред и теории дислокаций (геосинклинального развития, тектоники плит и пр.).

Природные системы разного ранга существенно отличаются от идеализированных моделей с используемыми в них понятиями — симметрии, равновесия, идеальности и разного рода постоянными (константами), непо-

колебимость которых в последнее время также подвергается сомнению. Отличаются они и от статистических моделей, созданных на этой основе. Поэтому практикуемый подход — сложения результатов отдельных методических приемов, использующих к тому же линеаризацию зависимостей с целью приближения (аппроксимацией, экстраполяцией) реального распределения компонентов к идеальным моделям [28, 30 и др.], а также абстрагированием от кажущихся "лишними" или "случайными" характеристик объекта — это уже пройденный путь первого и весьма грубого приближения к познанию сложных систем [15].

Природным системам свойственны анизотропия, химические и структурные неоднородности со всякого рода усложнениями, которые сильно влияют на их свойства. Эти неоднородности в современной литературе рассматриваются как свидетельства путей самоорганизации, возникновения устойчивости в неравновесных, нестационарных условиях — возникновения новых структур. Эволюция подобных систем определяется стремлением не к разрушению однажды установленного порядка и переуравновешиванию вслед за изменением в окружающей среде, а, наоборот, к самоорганизации, т. е. формированию нового надмолекулярного порядка. Поведение такого рода динамических систем принципиально отличается от консервативных, пассивных по своей природе. Для их описания требуется иной аналитический аппарат. Прототипом и математической моделью возникновения, в частности, кольцевых пространственно-временных диссипативных структур могут служить, по нашей версии [17, 20], бенаровские ячейки в гидродинамике и бегущие волны концентраций вещества в структурах типа "круги на воде" или более сложные решения. Нерегулярными хаотичными движениями характеризуется турбулентность. Только совместное (кооперативное) действие очень многих и трудно учитываемых факторов ответственно за возникновение подобных нерегулярных пространственно-временных структур, в том числе непериодической последовательности, прообразом движения которых является "странный аттрактор" [1].

Выводы. Модернизировано представление старой ленинградской школы петрографов, согласно которому ультраметаморфизм признается ведущим механизмом структурно-

вещественной эволюции в докембрии, в частности Днестровско-Бугской гранулит-гнейсовой области УЩ. При этом подтверждается, что этот процесс происходит не по принятым в литературе последних лет (и фактически не наблюдаемым даже в реликтовой форме) андезитам или тоналитам, а по реально существующему и повсеместно наблюдаемому основному субстрату (главным образом анортитовой его составляющей). Далее он происходит не по стандартной изохимической схеме метаморфизма, плавно переходящего в ультраметаморфизм, а при значительной роли метасоматоза (с привносом-выносом компонентов), что исключает графаретный способ реконструкций субстрата. В то же время декларируемые особенности процесса гранитообразования заключаются в следующем: 1. Означенный привнос-вынос компонентов осуществляется не согласно с принятым постулатом, т. е. "неизвестно откуда и куда", а при перераспределении их внутри системы с соблюдением баланса масс. Такая особенность процесса стирает различия между понятиями "метасоматоз" и "метаморфизм".

2. Разнонаправленные вариации флюидного режима, противоположные тенденции реакций базификации-гранитизации и как результат наблюдаемое в разрезах нарушение установленного по геохронологическим данным последовательного ряда пород и разновидностей гранитоидов обусловлено кинетикой процессов их формирования. Такому важному направлению исследований (даже в классическом линейном варианте) вообще не уделяется внимания в региональной геологической практике.

3. Описание локально выраженного аллохимического преобразования пород с нелинейной кинетикой процессов — фактически хаотического распределения продуктов, не укладывается в рамки теоретических основ классических наук, на которых основаны методические приемы геологических дисциплин (геотермо-, баро- и хронометрия). Поэтому восстановление последовательности событий формирования нижнедокембрийских толщ на основе петрографических данных о преобразовании вещества, наблюдаемых структурных соотношений пород и их изотопно-геохронологических датировок не дают адекватной, согласованной модели развития геологических объектов во времени и пространстве.

4. Необратимому, направленному преобразованию основного субстрата в кислые породы земной коры сопутствует формирование диссипативных структур, нарушающих симметрию пространства-времени, согласно И. Пригожину. Изучать реальное, неидеализированное распределение компонентов в системах разного ранга (минерал — порода —

формация, комплекс) и определять, какому классу и типу структур соответствуют они, прежде чем приступать к интерпретации докембрийской истории — задание современных геологов. Знание структурной организации геологических объектов позволяет установить закономерности их развития во времени и пространстве.

Ахромеева Т.С., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Парадоксы мира нестационарных структур. — М. : Знание, 1985. — 48 с.

Белевцев Р.Я. Проблемы метаморфической зональности докембрия. — Киев : Наук. думка, 1975. — 230 с.

Белевцев Р.Я. О приконтактовой диффузионной зональности в пироксеновых гранулитах Среднего Побужья (УЩ) // Докл. АН Украины. — 1992. — № 10. — С. 123—129.

Бибикова. Е.В. Древнейшие породы Земли : изотопная геохронология и геохимия изотопов // Минерал. журн. — 2004. — 26, № 3. — С. 13—20.

Быстрой Г.П. Нелинейная макротермодинамика геологических систем // Синергетика геологических систем : Тез. докл. — Иркутск, 1992. — С. 4—5.

Венидиктов В.М. Полицикличность развития гранулитовой фации. — Киев : Наук. думка, 1986. — 267 с.

Геолого-геофизическая модель Голованевской шовной зоны Украинского щита / А.В. Анциферов, Е.М. Шеремет, Е.Б. Глевасский и др. — Донецк : Вебер, 2008. — 305 с.

Горяинов П.М., Егоров Д.Г., Иванюк Г.Ю. К построению синергетической модели железистых кварцитов докембрия (на материалах по железорудным формациям Кольского п-ова) // Геология и геофизика. — 1997. — 38, № 9. — С. 1490—1496.

Горяинов С.В., Денисенко Д.В., Дивицкий О.А. Метаморфические и метасоматические комплексы Среднего Побужья. — Харьков, 2003. — 167 с.

Кривдик С.Г., Загнітко В.М., Томурко Л.Л. та ін. Геохімічні особливості ендербітів Українського щита та деякі міркування щодо їхнього петрогенезису // Мінерал. журн. — 2006. — 28, № 3. — С. 10—26.

Лесная И.М., Плоткина Т.Э., Степанюк Л.М. и др. Возрастные этапы формирования мафит-эндербитовой ассоциации Побужья // Геохимия и рудообразование. — 1995. — Вып. 21. — С. 56—69.

Летников Ф.А. Синергетика геологических систем. — Новосибирск : Наука, 1992. — 230 с.

Метаморфизм Украинского щита / И.С. Усенко, И.Б. Щербаков, Р.И. Сироштан и др. — Киев : Наук. думка, 1982. — 306 с.

Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. — М. : Мир, 1979. — 512 с.

Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. — М. : Мир, 1990. — 342 с.

Никулина Э.А. Петрологическая реконструкция субстрата эндербитов Среднего Побужья (Украинский щит) / АН УССР. Ин-т геохимии и физики минералов. — Препр. — Киев, 1983. — 63 с.

Никулина Э.А. Петрогенез и структурообразование в докембрии юго-западной части Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1991. — 104 с.

Никулина Э.А. Нелинейная динамика физико-химических процессов формирования земной коры в гранулитогнейсовых областях докембрия (на примере юго-западной части УЩ) // Минерал. журн. — 1998. — 20, № 4. — С. 62—73.

Никулина Э.А. Корреляция петрохимических и геохимических характеристик архейских основных-ультраосновных пород Днестровско-Бугской области УЩ // Геохімія та рудоутворення. — 2009. — № 27. — С. 37—41.

Никулина Э.А., Быстревская С.С. Изометричное структурообразование Украинского щита как возможный механизм разрастания континентальной коры // Доп. НАН України. — 2004. — № 5. — С. 127—132.

Никулина Э.А., Павлюк В.Н., Довгань Р.Н. Формационная типизация и геодинамический режим формирования базит-гипербазитовых ассоциаций Днестровско-Бугской гранулит-гнейсовой области // Минерал. журн. — 2006. — 28, № 3. — С. 38—59.

Половинкина Ю.Ир., Наливкина Э.Б. Генезис чарнокитов Украины // Докл. Сов. геологов на 22 сес. МГК. Проблема 13 "Чарнокиты". — М. : Наука, 1964. — С. 7—11.

Пригожин И. Время, структура и флуктуации // Успехи физ. наук. — 1980. — 131, вып. 2. — С. 185—207.

Пригожин И. От существующего к возникающему. — М. : Наука, 1985. — 327 с.

Степанюк Л.М., Пономаренко А.Н., Бартницкий Е.Н. и др. Корреляция геологических процессов в породах гранулитовых комплексов Украинского (Побужье) и Анабарского щитов по геохронологическим данным // Геохимия и рудообразование. — 1995. — Вып. 21. — С. 154—163.

Усенко И.С., Сироштан Р.И., Щербаков И.Б. та ін. Про метаморфізм Українського щита // Геол. журн. — 1971. — 31, вип. 2. — С. 3—15.

Щербак Н.П. Сравнительная геохронология архейских мегаблоков Украинского, Западно-Австралийского и Южно-Африканского щитов // *Минерал. журн.* — 2004. — **26**, № 3. — С. 21—32.

Щербак Н.П., Бибикова Е.В., Лобач-Жученко С.Б. и др. Палеоархей восточной части Украинского щита по данным U-Pb метода (3,6—3,8 млрд лет) // Там же. — 2009. — **31**, № 3. — С. 3—10.

Щербаков И.Б. Петрография докембрийских пород центральной части Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1975. — 280 с.

Яковлев Б.Г., Степченко С.Б. Минеральные равновесия и условия метаморфизма докембрийских мафитов. — Киев : Наук. думка, 1985. — 222 с.

Nicoulina E.A. The problem of the early Precambrian granulite-gneiss complexes stratification // *Theophrastus-contribs. To advanced studies in geology.* — Vol. 11. — Athens, 1998. — P. 111—140.

Ин-т геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семеновко НАН Украины, Киев

Поступила 22.03.2010

РЕЗЮМЕ. Розподіл речовини в нижньодокембрійській товщі південно-західного району Українського щита відповідає край неврівноваженому стану системи — хаосу з елементами впорядкованості. В такій системі з неізохімічним характером перетворень порід і нелінійним розвитком процесів стає неможливим проведення стандартної реконструкції — шляхом встановлення послідовності подій з залученням теорії метаморфізму, метасоматозу та ін. За допомогою кореляції петро- і геохімічних характеристик metabазит-гіпербазитів району ідентифіковано джерело і шляхи перетворення порід толеїтової серії. Ця робота продовжує дослідження порід вапняково-лужного тренду. При цьому відстоюється непопулярна точка зору, що не тоналіти, а анортозити, комплементарні основним і ультраосновним породам району, є субстратом ендербітів і разом з ними представляють найдревніші породи щита.

SUMMARY. The initial point of view of the Leningrad petrography school that ultrametamorphism was the leading mechanism of structure-substance evolution in Precambrian of the Dniester-Bug' granulite-gneiss district of the Ukrainian Shield was modernized. Unconvertible directional transformation of non-tonalitic but toleitic substratum (mainly its leucocratic-anorthositic constituent part) into acid rocks of the Earth crust is realized according to nonlinear laws of evolution of the dynamic systems. Such development foresees instability, a jump that is the abruptness of systems conducting. Substance distribution in the Lower Precambrian strata of that district shows the extremely non-equilibrium state of the system at all levels (mineral — rock — terrain), that is chaos with the elements of ordering. Allochemical rocks transformation, kinetics of processes in them are outside the scopes of the classic sciences (static and linear dynamics) which are the basis of geological methodology. That is why the reconstruction of the events of strata formation according to the facts of petrology, structural rocks correlation and their isotopic-geochronological dating does not give the adequate harmonic model of the geological objects evolution in time and space. The nonlinear ring's dissipative structures appearing far from equilibrium are the alternative to equilibrium stationary or non-stationary regular structures which are examined in the local literature. Their formation agree with I. Prigozhin realizes with infringement of the space-time symmetry. Mathematical models of running waves of substance concentration and non-regular chaotic movements may be a prototype of the orderliness appearing from chaos.

ЗАМЕЧАНИЯ РЕЦЕНЗЕНТА

В статье приведены в основном философские рассуждения (вернее, высказывания автора) о возможных путях образования докембрийских гранитоидов. Однако эти высказывания базируются на синергетических концепциях без учета, а скорее с отрицанием имеющихся геологических, геохронологических, геохимических и петрологических данных по докембрию Украинского щита (УЩ).

Предложение автора об исходном анортозитовом субстрате для образования гранитоидов (чарнокитоидов) и ассоциирующихся с ними пород можно рассматривать как еще одну из неудавшихся попыток объяснения метасоматического (так называемого синергетического) происхождения чарнокитоидов и других пород Приднестровья и Побужья. Как и в других подобных гипотезах происхождения чарнокитоидов за счет основных пород (кристаллосланцев), в данном случае возникает еще одна проблема с балансом Al_2O_3 (его высокое содержание в предполагаемых исходных анортозитах) — наиболее инертным компонентом в метаморфических и метасоматических процессах. Так, в среднем в анортозитах из анортозит-рапакивигранитных плутонов содержится 26,0 % Al_2O_3 , а в анортозитах из формации зон глубинных разломов — 27,8 % Al_2O_3 (Великославинский и др., 1978). Как показывают простейшие петрохимические расчеты, в случае замещения на 90 % таких анортозитов чарнокитоидами с 15–17 % Al_2O_3 , в рестите (10 %) остается столько глинозема, что порода становится практически мономинерально корундовой. К тому же в чарнокитоидах УЩ анортозиты отсутствуют или же упоминаются редко (по крайней мере, в имеющейся литературе не приводятся их химические анализы). В Побу-

жье подобного состава анортозиты входят в незначительном количестве в мафит-ультрамафитовые комплексы. Не так уж и много других глиноземистых пород (кристаллосланцев) в ассоциации с чарнокитоидами. Следовательно, природные ассоциации пород, пространственно связанные с чарнокитоидами, не могут быть остатками "гранитизации" анортозитов.

Гранитоиды, в том числе и чарнокитоиды, а также их эффузивные аналоги (риолиты, кварцевые порфиры) известны в значительных масштабах уже в архее. Они имеются в гранит-зеленокаменных ассоциациях (как плагиогранитоиды, так и натрий-калиевые их разновидности типа мокромосковских и токовских, Приднепровье), а кислые вулканы известны в тех же архейских разрезах (их верхних частях), где преобладают комагниты и базальты (Африка), т. е. для возникновения гранитоидов даже в архее нет необходимости привлекать какие-то особые метасоматические или метаморфические, в том числе и синергетические гипотезы. Кислые вулканы появляются и на современных вулканических островах, которые находятся на срединно-океаническом хребте (Исландия).

Следовательно, кора кислого состава архейского и протерозойского возраста — специфическая особенность Земли, результат эволюции ее вещества, отделения (в основном магматическим, в том числе анатектическим путем) от протолита гранитоидной составляющей.

С согласия редколлегии "Мінералогічного журналу" может быть опубликована в разделе "Дискусії ...". Однако члены редколлегии не разделяют мнения автора.

*Доктор геол.-минерал. наук
С.Г. Кривдик*