

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.41.03.082>

УДК 551.71:552.11/.13/4

В.П. Кирилук, М.И. Богданова, Е.И. Савина

Львовский национальный университет имени Ивана Франко

79005, г. Львов, Украина, ул. Грушевского, 4

E-mail: Kyrylyuk.V@i.ua

ПЕТРОПАРАГЕНЕЗИСЫ И ВОЗМОЖНАЯ ПРИРОДА СУПЕРКРУСТАЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ ПОБУЖСКОГО ГРАНУЛИТОВОГО КОМПЛЕКСА (ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ УКРАИНСКОГО ЩИТА).

Статья 3. Предполагаемый исходный состав и условия формирования комплекса

В предыдущих статьях цикла было показано, что в составе побужского гранулитового комплекса установлено семь главных и три второстепенных петропарагенезиса метаморфических пород. Каждый из петропарагенезисов охватывает два-четыре петротипа. Рассмотрены типоморфные признаки петротипов и сделаны выводы об их исходной — литогенной или вулканогенной — природе. *Основные тенденции в строении разреза.* В этой статье рассмотрено распространение отдельных петрографических и петрохимических групп пород в разрезе побужского комплекса. Установлено участие в нем двух петрогенетических составляющих — направленного эволюционного ряда литогенных формаций и независимого вулканогенного ряда, члены которого рассеяны в разных формациях и образуют одну самостоятельную эндрбито-гнейсовую формацию. *Условия формирования комплекса.* Петрогенетическая интерпретация особенностей состава и строения мрамор-кальцифирового петропарагенезиса позволила сделать вывод о возможных безгидросферных субаэральных условиях его образования в результате реакции между высокотемпературной (около +300 °С) существенно углекислой атмосферой и силикатной литосферой. Эта реакция объясняет совместное накопление карбонатной и кремнеземной составляющих, преобразованных в ходе последующего метаморфизма в мраморы и кальцифиры. Безгидросферные условия распространены на формирование всего разреза побужского комплекса и с этих позиций рассмотрен исходный состав всех предполагаемых металитогенных формаций. При этом, независимо от представлений о происхождении и условиях формирования побужского комплекса, его петропарагенетический и геолого-формационный состав не имеют аналогов ни среди других, менее метаморфизованных нижнедокембрийских комплексов, ни с учетом "элиминации" (мысленного снятия) метаморфизма — среди неметаморфизованных фанерозойских комплексов. Это в любом случае свидетельствует об очень специфических условиях формирования исходных "дометаморфических" толщ побужского комплекса, имеющих глобальный характер.

Ключевые слова: гранулитовый комплекс, суперкрупная формация, петропарагенезис, петротип.

Предисловие. Как было показано в предыдущей статье [7], в результате систематических и целенаправленных морфопарагенетических геолого-формационных исследований побужского гранулито-гнейсового комплекса в его составе установлено семь главных петропарагенезисов — кинцигитовый, эндрбито-гнейсовый, лейкогранулитовый, высокоглинозе-

мисто-кварцитовый, мрамор-кальцифировый, кондалитовый и глиноземисто-базитовый, составляющих индивидуализированные суперкрупные формации, и три второстепенных петропарагенезиса, не образующих самостоятельные формации, но, тем не менее, весьма характерных и занимающих определенное стратиграфическое положение. К ним относятся кальцифир-кристаллосланцевый петропарагенезис, приуроченный к нижней части эндрбито-гнейсовой формации, и два петро-

© В.П. КИРИЛУК, М.И. БОГДАНОВА,
Е.И. САВИНА, 2019

парагенезиса лейкогранулитовой формации — карбонатно-железистый магнетитсодержащий в нижней и метабазит-метаультрабазитовый в верхней части разреза формации.

Все формации побужского комплекса имеют признаки согласного залегания. Об этом свидетельствует не только совпадение напластования на границах формаций, но и постепенные переходы между ними. Они обусловлены тем, что петротипы главных петропарагенезисов, образующие самостоятельные формации, как правило, переходят и в вышележащие формации в качестве их второстепенных членов. Описанная смена формаций в разрезе комплекса в генетическом (геоэволюционном) аспекте свидетельствует о смене условий их образования, а наличие общих петротипов в смежных формациях — о постепенной смене этих условий на фоне непрерывного направленного развития.

В предыдущей статье [7] также было показано, что особенности состава большинства петротипов побужского комплекса дают возможность более или менее надежно судить об их исходной — литогенной или вулканогенной — дOMETAMОРФИЧЕСКОЙ природе. Однако, для предположения о происхождении и условиях формирования всего разреза комплекса необходимо рассмотреть некоторые стороны его строения в целом.

Основные тенденции в строении геолого-формационного разреза. Для полноты представления о строении побужского комплекса целесообразно детально рассмотреть поведение в геолого-формационном разрезе отдельных петрографических и петрохимических групп пород (рис. 1).

Относительно независимо в каждой формации ведут себя наиболее основные компоненты — основные кристаллические сланцы, которые, даже будучи устойчивыми членами петропарагенезиса, не образуют постепенных переходов с другими компонентами. В кинцитовой формации это гиперстенсодержащие кристаллические сланцы, которые не дают переходов к метапелитам, но обладают с ними сходством по пересыщенности глиноземом. В эндербито-гнейсовой формации самостоятельную петрографическую группу составляют дупироксеновые основные кристаллические сланцы, не образующие взаимопереходов с породами гнейсовой группы. К ним близки по петрографическому составу некоторые кри-

сталлические сланцы из числа тех, которые связаны переходами с гнейсами. Но и в них всегда встречаются еще более основные разности, образующие четко ограниченные прослои.

Основные кристаллические сланцы образуют самостоятельные горизонты и пачки в составе лейкогранулитовой и высокоглиноземисто-кварцитовой формаций. Они отсутствуют в мрамор-кальцифировой и кондалитовой формациях и вновь появляются в глиноземисто-базитовой формации, но уже в ритмичном чередовании с гранатовыми и гиперстенновыми гнейсами, с которыми они также не образуют постепенных переходов. При относительной независимости в каждой из формаций, основные кристаллические сланцы, будучи, скорее всего, исходными вулканическими породами, тем не менее, обнаруживают связь с другими производными вулканитов — гиперстенсодержащими гнейсами и кристаллическими сланцами, вместе с которыми отсутствуют в разрезе на уровне мрамор-кальцифировой и кондалитовой формаций.

Высокоглиноземистые породы появляются в составе побужского комплекса одновременно с кислыми двуполевошпатовыми гнейсами в разрезе лейкогранулитовой формации уже в нижней ее части. Нередко вместе с ними в сравнительно мощных (десятки метров) пачках в этой формации встречаются отдельные прослои кварцитов. Доминирующие в лейкогранулитовой формации лейкократовые гнейсы почти полностью исчезают на границе с высокоглиноземисто-кварцитовой формацией, хотя и встречаются еще иногда в ее самой нижней части в виде маломощных прослоев, и снова появляются в верхней части, где образуют отдельные горизонты. В то же время высокоглиноземистые породы переходят в вышележащую часть разреза, увеличиваясь, как и ассоциирующие с ними кварциты, в размерах тел и их содержании в разрезе и образуют самостоятельную высокоглиноземисто-кварцитовую формацию.

Кварциты резко редуцируются в верхней части высокоглиноземисто-кварцитовой формации, хотя и встречаются еще изредка в кондалитовой и глиноземисто-базитовой формациях. В последней в районе с. Сальково обнаружена пачка мощностью 270 м, сложенная полным высокоглиноземисто-кварцитовым петропарагенезисом, включая основные кристаллические сланцы.

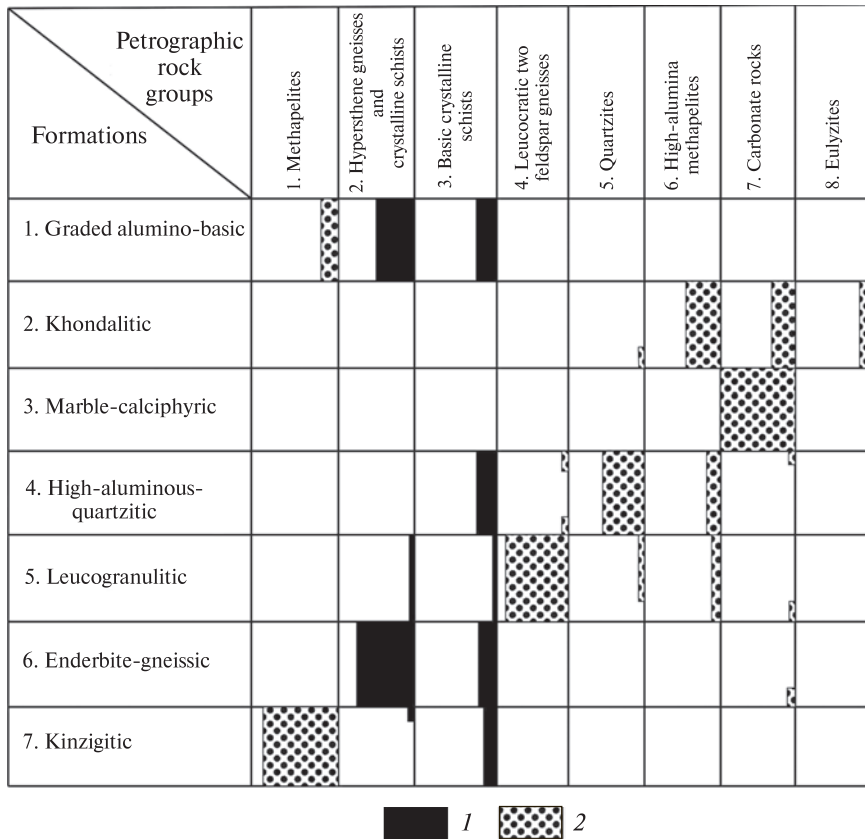


Рис. 1. Распределение основных петрографических и петрохимических групп пород в геолого-формационном разрезе побужского гранулитового комплекса: 1 — предполагаемые метавулканогенные образования; 2 — предполагаемые металитогенные образования

Fig. 1. Distribution of the main petrographic and petrochemical rock groups in geological-formational section of the Bug Area granulite complex: 1 — probable metavolcanogenic rocks; 2 — probable metalithogenic rocks

Верхняя часть высокоглиноземисто-кварцевой формации, мрамор-кальцифоровая и кондалитовая формации связаны между собой присутствием в них карбонатных пород. В самой верхней из них, кондалитовой, заметную роль играют эвлизиты. Они же в резко подчиненном виде, но со строгой структурной приуроченностью к верхам ритмов, встречаются в вышележащей глиноземисто-базитовой формации. При этом на границе с последней полностью исчезают карбонатные породы.

Приведенные данные о чередовании в разрезе петропарагенезисов смежных формаций и переходе однотипных пород из формации в формацию свидетельствуют о единстве всего разреза и согласном залегании всех формаций с позиций традиционных литостратиграфических представлений. Этот вывод согласуется с данными об отсутствии структурных несогласий внутри комплекса и единстве его метаморфизма. Однако в таком случае согласное залегание всего разнообразия пород и парагенезисов должно отражать какую-то единую генетическую направленность. Для ее понимания важное значение имеет положение в разрезе побужского комплекса карбонатных пород.

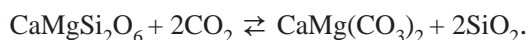
Карбонатные породы располагаются в разрезе с перерывами на трех уровнях: а) они являются характерными для нижней части эндербито-гнейсовой формации, а отдельные редкие включения встречаются в расположенных еще ниже по разрезу "чудново-бердичевских гранитах", замещающих кинцигитовую формацию; б) в заметном количестве они содержатся в нижней части лейкогранулитовой формации, в составе магнетитсодержащего петропарагенезиса; в) полностью слагают мрамор-кальцифоровую формацию и значительную часть кондалитовой формации. Карбонатные породы всех этих уровней различаются своим изотопным составом кислорода и углерода (рис. 2).

Данных о происхождении карбонатных включений в "чудново-бердичевских гранитах" просто недостаточно для обсуждения их природы, за исключением того, что по изотопному составу кислорода и углерода они отличаются от карбонатных пород всех остальных формаций (рис. 2). Представления о природе карбонатных пород в эндербито-гнейсовой формации, как было показано в предыдущей статье [7], неоднозначны. Их расположение в метавулканогенной формации, а также некоторые

особенности состава склоняют к выводу об эндогенной природе этих образований [1]. Карбонатные породы в нижней части лейкогранулитовой формации находятся в парагенезисе с высокоглиноземистыми и железистыми породами. Каждая из этих групп в отдельности вполне может рассматриваться как производная исходных литогенных образований. Однако, каковы были условия их исходного совместного формирования (накопления) пока не ясно, поскольку парагенезис подобных по составу образований не имеет аналогов среди неметаморфизованных толщ, а для создания собственной модели их формирования пока еще недостаточно данных.

Карбонатные породы, входящие в состав мрамор-кальцифировой и кондалитовой формаций по составу и по отчетливому, часто ритмичному переслаиванию мраморов и кальцифиров, являясь, безусловно, литогенными по своей природе. Они представляют собой, по сути, смесь двух исходных компонентов — карбонатного (доломитового) и кремнеземного, при незначительном (первые проценты) содержании глиноземной примеси. Этот парагенезис также не имеет аналогов среди неметаморфизованных толщ и возник, судя по особенностям состава и ритмичного строения формации, скорее всего, в специфических условиях накопления исходных толщ гранулитогнейсовых комплексов.

Одним из возможных механизмов их формирования может служить обратимая реакция карбонатно-силикатного равновесия:



Такая реакция между существенно углекислотной атмосферой и силикатной литосферой рассматривается в качестве одного из возможных процессов современного литогенеза на планете Венера [2] и представляется вполне вероятной в предполагаемых специфических высокотемпературных субаэральных условиях на поверхности ранней архейской Земли [4]. Эта реакция могла протекать на фоне общего понижения начальной высокой температуры приповерхностной части Земли в раннем архее (свыше +500 °С), при достижении ею примерно +300 °С. При этой температуре реакция идет вправо, что и могло привести к совместному накоплению доломита и кремнезема. При этом природу переслаивания, в том числе ритмичного, доломитовых мраморов и оливи-

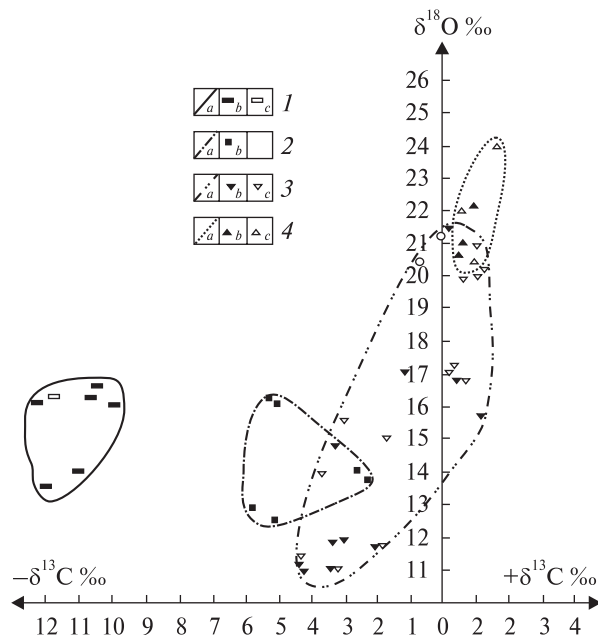


Рис. 2. Диаграмма изотопного состава кислорода и углерода в карбонатных породах различных суперкрупных формаций побужского комплекса (по данным В.Н. Загнитко, И.П. Луговая). Данные по формациям: 1 — кинцигитовой, 2 — эндербито-гнейсовой, 3 — лейкогранулитовой, 4 — мрамор-кальцифировой; а — границы полей определений из одной формации, b — определения по кальциту, c — определения по доломиту

Fig. 2. Diagram of isotopic composition of oxygen and carbon in carbonate rocks of different supercrustal formations of the Bug Area granulite complex (according to data of V.M. Zagnitko, I.P. Lugovaya). The results obtained on formations: 1 — kinzigitic, 2 — enderbite-gneissic, 3 — leucogranulitic, 4 — marble-calciphyric; a — limits fields of determinations from single formation, b — determinations on calcite, c — determinations on dolomite

новых доломит-кальцитовых и кальцитовых кальцифиров можно представить как результат непрерывного накопления доломитовой составляющей, на фоне которого накопление кремнезема происходило с разной относительной интенсивностью и периодически прерывалось. Смесь этих компонентов в разных пропорциях и последующий метаморфизм вполне удовлетворительно объясняют формирование двух главных петротипов, составляющих все карбонатные породы мрамор-кальцифировой формации, и изменчивый состав кальцифиров.

Представления о субаэральных безгидросферных условиях накопления исходных толщ гранулитогнейсовых комплексов ранней Земли и ее сходстве с современными условиями на планете Венера уже давно были высказаны одним из авторов для объяснения природы "без-

водного" монофациального гранулитового метаморфизма гранулитогнейсовых комплексов, а также некоторых особенностей их состава и строения [4]. При этом предполагалось, что возможными механизмами литогенеза могли быть: а) вулканизм в различных его проявлениях — эффузивном и эксплозивном; б) выветривание, эоловый перенос и накопление продуктов механического разрушения — кластогенный литогенез; в) химические реакции в атмосфере и взаимодействие атмосферы и литосферы. Именно таким хемогенным способом и могли образоваться исходные толщи мрамор-кальцифировой формации.

Представление об образовании мрамор-кальцифировой формации в субаэральных условиях при температуре около +300 °С дает основание предполагать еще более высокотемпературные условия накопления формаций побужского комплекса, расположенных стратиграфически ниже в разрезе, а также безводные субаэральные условия накопления вышележающих формаций. Эти условия сменились другими с появлением на определенном этапе развития Земли первичной гидросферы, что привело, на наш взгляд, к образованию исходных толщ амфиболито-гнейсовых комплексов, резко отличающихся своим и породным, и геолого-формационным составом от гранулитогнейсовых комплексов во всех известных регионах их развития [5, 6].

Предполагаемый исходный состав суперкрупных формаций. Одним из следствий предполагаемого субаэрального формирования исходного разреза всего побужского комплекса является предположение о том, что накопление вулканогенных толщ могло сочетаться с образованием по ним кор физического и химического выветривания, накоплением продуктов выветривания на месте, в виде "элювия", или их переотложением с различной степенью осадочной дифференциации и зрелости. Возможно, именно с этим связаны противоречивые данные о происхождении многих разновидностей пород гранулитовых комплексов, которые одни исследователи считают ортопородами, а другие — парапородами. Если рассмотреть формирование разреза побужского комплекса с этих позиций, с учетом возможности субаэрального — вулканогенного, хемогенного и кластогенного эолового — литогенеза, то его природу можно представить в следующем виде.

Кинцитговая формация сложена недифференцированными и слабо дифференцированными метаосадками — продуктами разрушения более древних, вероятно вулканогенных, образований, или специфическими глиноземистыми метавулканидами и недифференцированными продуктами их разрушения.

Эндербито-гнейсовая формация сложена метавулканидами андезито-дацитового и базальтового состава и недифференцированными продуктами их разрушения. Карбонатные породы, входящие в состав нижней части формации, скорее всего, имеют вулканогенное происхождение, либо являются литогенными образованиями неясной природы.

Большая часть **лейкогранулитовой формации** может представлять собой или толщу кислых метавулканидов, или метааркозовую толщу. Первое кажется маловероятным в связи с очень широким площадным распространением и большой мощностью, не имеющих для кислых вулканитов аналогов в истории постранинедокембрийского вулканизма. Для второго следует предполагать существование обширных, но не установленных, областей разрушения, сложенных кислыми породами. В любом случае, чередование эндербито-гнейсового и лейкогранулитового петропарагенезисов на границе смены формаций в разрезе свидетельствует о смене режимов, к которой приурочено локальное формирование специфического карбонатно-железистого магнетитсодержащего литопетропарагенезиса с высокоглиноземистыми породами, возможно связанного с процессами химического выветривания. При осадочной природе лейкократовых гнейсов связь их с высокоглиноземистыми породами может рассматриваться, как последовательное накопление продуктов разрушения гипотетических кор физического и химического выветривания кислых пород, при их вулканогенной природе — высокоглиноземистые породы, как и сопровождающие их кварциты, сами могут представлять собой остаточные коры выветривания исходных кислых вулканитов лейкогранулитовой формации. Такую возможность существования в раннем докембрии достаточно мощных кор выветривания допускают ряд исследователей, в частности Ю.П. Казанский [3]. На всем этапе образования лейкогранулитовой формации продолжался, постепенно затухая, андезито-дацитовый и базальтовый вулканизм.

Высокоглиноземисто-кварцитовая формация, вероятнее всего, сложена переотложенными продуктами кор химического выветривания. Ритмичное переслаивание достаточно мощных пачек высокоглиноземистых пород, преобладающих в нижней части ритмов, и кварцитов — в верхней, свидетельствуют о высокой степени осадочной дифференциации и чередовании сравнительно спокойных в тектоническом отношении периодов образования мощных кор выветривания с периодами их дезинтеграции и переноса *, возможно, в связи с периодической активизацией тектонических движений. С этой активизацией могло быть связано и формирование кристаллических сланцев формации — предположительно исходных вулканитов. Постоянное соседство высокоглиноземисто-кварцовой формации с широко развитой и подстилающей ее лейкогранулитовой формацией дает основание предполагать породы последней в качестве главного источника материала для образования высокоглиноземисто-кварцовой формации.

Первично-осадочная природа **мрамор-кальцифировой формации** представляется очевидной. Если допускать образование слагающих ее пород по реакциям силикатно-карбонатного равновесия, то их возникновение должно быть ограничено сравнительно узким температурным интервалом, примерно +250—300 °С, и выше по разрезу карбонатные породы должны исчезать. Действительно в завершающей разрез глиноземисто-базитовой формации карбонаты отсутствуют, как нет их и в самых верхних частях разреза алданского комплекса, расположенных стратиграфически выше существенно карбонатной джелтулинской серии [16].

Вышележащие **кондалитовая и глиноземисто-базитовая формации**, обладающие наиболее четко выраженными признаками литогенной природы (высокоглиноземистые, графитовые и карбонатные породы первой из них и отчетливо ритмичнослоистое строение — второй), вызывают, тем не менее, наибольшие трудности при объяснении природы слагающих их петротипов и требуют дальнейшего изучения. В отношении кондалитовой фор-

мации это касается, прежде всего, происхождения высоких концентраций графита. Здесь обращает на себя внимание такая особенность этой части разреза, как соседство карбонатных пород с магнетитовыми и графитовыми породами, возникновение которых могло быть связано с окислительно-восстановительными реакциями в ходе метаморфизма, в частности, с окислением Fe^{+2} до Fe^{+3} и образованием магнетита за счет разложения CO_2 карбонатов и выделения при этом чистого углерода. По крайней мере, биогенная природа графита кондалитовой формации, предполагаемая многими исследователями, представляется здесь маловероятной и не только исходя из рассмотренных условий образования всего разреза побужского комплекса. Графит в предположительно литогенных породах побужского комплекса присутствует в рассеянном виде во всем разрезе, но редко образует заметные скопления. Точно также графит ограниченно развит в ближайшем "стратиграфическом окружении" кондалитовой формации, и не только ниже, но и выше по разрезу, что входит в противоречие с общепринятой концепцией непрерывного развития биосферы.

Время формирования верхней части разреза побужского гранулитогнейсового комплекса, вероятно, действительно может отвечать началу зарождения жизни, так как к железистым и карбонатным породам Среднего Побужья на Украинском щите относятся наиболее древние находки, напоминающие железотворные бактерии и сине-зеленые водоросли [8—10]. Однако, вмещающие их железорудные и карбонатные породы, очевидно, некоторые исследователи поспешно считают продуктами жизнедеятельности бактерий и сине-зеленых водорослей. Обстановка формирования отложений скорее была палеосредой, благоприятной для зарождения протоорганизмов [17], которые еще не играли сколько-нибудь значительной геологической роли.

Проблема исходной природы членов глиноземисто-базитовой формации, которая имела первоначальное наименование "железорудно-гнейсовая формация", была очень детально для своего времени исследована А.А. Сивороновым [14]. Основные результаты этого исследования изложены в [11]. В результате детального полевого изучения внутреннего строения формации и характера взаимоотношений слагающих ее пород, а также исследо-

* Л.И. Салоп [13] для аналогичных образований предполагает перенос кремнезема кор выветривания в растворенном виде и его осаждение из горячей гидросферы.

вания их химизма по различным системам пересчетов, был сделан вывод о наиболее вероятной первично-осадочной природе глиноземисто-базитовой формации и всех ее главных членов. Одновременно отмечалось, что некоторые породы формации, в основном гиперстенсодержащие гнейсы и кристаллические сланцы, по разным системам пересчетов попадают в поля изверженных пород, однако среди них нет полных аналогов нормативных магматических типов. Противоречия в вопросе происхождения гиперстеновых гнейсов проявились и в том, что при составе, близком к вулканитам, иногда можно наблюдать их постепенные переходы к гранатовым гнейсам, как в разрезе, так и в латеральном направлении.

К близким выводам, и примерно в то же время, пришел И.Б. Щербаков. Характеризуя выходы глиноземисто-базитовой формации в несколько своеобразной, но вполне понятной петрографической терминологии того времени, он пишет: "нередко можно наблюдать вполне согласное переслаивание эндербитов * с породами эффузивно-осадочной толщи, например, в с. Салькове наблюдается несогласие в напластовании. Подобные примеры можно продолжать бесконечно; везде мы убеждаемся, что мелко- и среднезернистые чарнокитоиды ведут себя как слоистые пластовые тела с плоскостями напластования и такими четкими контактами, какие вообще возможны для осадочных пород" [21, с. 68]. И далее, обсуждая уже особенности химизма пород, он делает вывод: "Таким образом, по химическому составу эндербиты вполне аналогичны осадочным породам — метапелитам без избытка Al_2O_3 " [21, с. 85].

Проведенное сравнительно недавно Л.В. Шумлянским [20] изучение гиперстеновых плагиогнейсов и основных кристаллических сланцев глиноземисто-базитовой формации из карьеров Одесский и Казачий Яр возле пгт Завалье, которые он называет "эндербито-гнейсами" (или даже просто "эндербитами") и "мафит-ультрамафитовыми кристаллосланцами", позволило сделать заключение, что они образованы за счет "накопичення контрастної вулканогенної товщі з деякою домішкою кластоген-

ного осадочного матеріалу" [20, с. 75]. Все эти заключения о наличии в породах ритмично-слоистой глиноземисто-базитовой формации как признаков вулканического, так и осадочного происхождения, возможно и подтверждают предположения об участии в строении толщ как исходных вулканитов, так и недифференцированных продуктов их выветривания, трудно различимых в метаморфических породах гранулитовой фации.

После всего сказанного следует еще раз вернуться к вопросу о согласном залегании формаций. Рассмотренный характер субаэрального накопления как будто не согласуется с представлениями о непрерывности разреза и предполагает наличие перерывов. Перерывы, очевидно, были, но без существенных дислокационных явлений, поскольку в разрезе и на площади отсутствуют следы структурных несогласий. Эти перерывы могли сопровождаться образованием кор выветривания с участием продуктов разрушения подстилающих формаций в образовании перекрывающих их толщ, что лишь подчеркивает вещественную связь между ними.

Распределение основных типов пород в разрезе побужского комплекса показано на рис. 1. На нем отчетливо виден направленный (эволюционный) ряд изменения состава предположительно металитогенных образований в разрезе и независимое, "секущее" по отношению к нему, положение предположительно метавулканогенных образований, проявленных во всем разрезе. Их одноразовое массовое формирование во время накопления исходного разреза побужского комплекса привело к возникновению самостоятельной метавулканогенной эндербито-гнейсовой формации.

Если исключить из формационного ряда эту "выпадающую" по составу эндербито-гнейсовую формацию, то некоторые общие тенденции, отмеченные А.А. Предовским [12] в качестве характерных для осадочных толщ, подчеркивают седиментационную линию в формировании разреза. Среди них назовем тенденцию к образованию все более кислых пород, вплоть до кварцитов, накопление в осадках глинозема и, наконец, накопление K_2O относительно Na_2O .

Рассмотренные особенности строения разреза даже сами по себе, без их генетической интерпретации, представляются важными для целей межрегиональной корреляции. Добавим к этому, что в побужском комплексе находит

* В нашем и наиболее распространенном современном понимании речь идет о гиперстенсодержащих плагиогнейсах и кристаллических сланцах, которые и сейчас еще некоторые исследователи называют эндербитами и эндербито-гнейсами.

подтверждение ранее установленная тенденция к более отчетливому слоистому строению разрезов в верхних частях гранулитовых комплексов [15, 18, 19], к более четко проявленной дифференциации состава и ритмичности, что указывает не только на изменение условий седиментации, но и на одновременную активизацию колебательных движений и может иметь значение при тектоническом анализе нижнего докембрия.

Заключение. Изучение петропарагенезисов и типоморфных признаков петротипов, суперкрупных формаций нижнего докембрия имеет важное прикладное и научное значение и его целесообразно продолжить. Прикладная роль таких исследований состоит в возможности использования петропарагенезисов в целом и отдельных характерных петротипов для корреляции разобщенных выходов — фрагментов формаций, как в пределах одного региона, так и при межрегиональных корреляциях. Опыт межрегионального геолого-формационного сопоставления гранулитогнейсовых комплексов показывает, что некоторые региональные формации отличаются наборами петропарагенезисов, но при этом отдельные петропарагенезисы сохраняют свои типовые признаки и хорошо сопоставимы.

Фундаментальное научное значение типоморфных признаков петропарагенезисов состоит в возможности их использования для восстановления исходной природы метаморфических пород и условий их формирования. Такая возможность предпринята в данной работе, в которой впервые по отношению к побужскому комплексу в целом, а не к отдельным породам или группам пород, высказаны представления о предполагаемых условиях формирования всего разреза, а также о первичном дометаморфическом составе слагающих его суперкрупных формаций.

Распределение и поведение отдельных петрографических и петрохимических групп пород в разрезе побужского комплекса (рис. 1) отчетливо показало наличие в нем двух петрогенетических составляющих — направленного эволюционного ряда литогенных формаций и независимого вулканогенного ряда, члены которого рассеяны в разных формациях и образуют одну самостоятельную эндрбитогнейсовую формацию. При этом предполагается формирование всего разреза в специфических высокотемпературных безгидросферных субаэральных условиях.

В качестве исходного положения для вывода о предполагаемой обстановке формирования суперкрупных формаций побужского комплекса использованы типоморфные признаки петропарагенезиса мрамор-кальцифировой формации. Особенности его состава и строения дают основание интерпретировать их как совместное накопление доломитового и кремнеземного компонентов в результате взаимодействия химически активной, существенно углекислой, высокотемпературной (около +300 °С) атмосферы с силикатной литосферой. Эти высокотемпературные безгидросферные условия распространены на весь разрез. Авторы отдают себе отчет в гипотетичности таких представлений и, тем не менее, считают возможным их дальнейшую разработку вплоть до появления более обоснованной альтернативной концепции формирования исходного разреза побужского комплекса.

Добавим к этому, что независимо от происхождения и условий накопления исходного разреза побужского комплекса, можно утверждать, что его петропарагенетический и геолого-формационный состав не имеет аналогов ни среди других, менее метаморфизованных нижнедокембрийских комплексов, ни с учетом "элиминации" (мысленного снятия) метаморфизма — среди неметаморфизованных фанерозойских комплексов. Это в любом случае свидетельствует об очень специфических условиях формирования исходных "дометаморфических" толщ побужского комплекса.

Если же принять предполагаемые условия формирования побужского комплекса и его геолого-формационного состава в качестве возможных, то следует признать, что они могли существовать только в глобальном масштабе и не могли повторяться в геологическом развитии Земли. При этом, субаэральные высокотемпературные условия накопления комплекса могли стать причиной не только особенностей его петропарагенетического и геолого-формационного состава, но и его специфического — "сухого", безводного монофациального гранулитового — метаморфизма [4—6]. А в таком случае особенности метаморфизма и геолого-формационного состава оказываются надежным признаком глобальной стратиграфической корреляции древнейших стратигенных гранулитогнейсовых комплексов в целом и даже, возможно, отдельных металитогенных суперкрупных формаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бионизка П.М., Геренчук Н.К., Зубова С.Н., Кирилюк В.П., Лашманов В.И., Мартынова С.С. Сравнительная характеристика карбонатных пород из разновозрастных докембрийских формаций западной части Украинского щита. *Проблемы осадочной геологии докембрия*. М.: Наука, 1981. Вып. 6. С. 86—89.
2. Волков В.П. Химия атмосферы и поверхности Венеры. М.: Наука, 1983. 206 с.
3. Казанский Ю.П. Введение в теорию осадконакопления. Новосибирск: Наука, 1983. 223 с.
4. Кирилюк В.П. Об особенностях седиментации, метаморфизма и геологической истории Земли в архее в свете современных представлений о природе Венеры. *Геол. журн.* 1971. **31**, № 6. С. 42—54.
5. Кирилюк В.П. Модель раннедокембрийского монофациального метаморфизма и ультраметаморфизма. Межвуз. научн. тематич. сб. *Геология метаморфических комплексов*. Вып. 6. Свердловск: Изд-во Урал. политехн. ин-та, 1977. С. 40—47.
6. Кирилюк В.П. Особливості ранньодокембрійського метаморфізму та його зв'язку з тектонікою. *Геодинаміка*. 2013. № 1, Вип. 14. С. 82—97.
7. Кирилюк В.П., Богданова М.И., Савина Е.И. Петропарагенезисы и возможная природа суперкрупных формаций побужского гранулитового (западная часть Украинского щита). Статья 1. Общие сведения и породный состав петропарагенезисов. *Мінерал. журн.* 2019. **41**, № 1. С. 60—70. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.41.01.060>
8. Лазуренко В.И. Наиболее распространенные ископаемые микроорганизмы из кристаллических пород докембрия юго-западного склона Украинского щита. *Геол. журн.* 1978. **38**, № 3. С. 78—88.
9. Лазуренко В.И., Мамчур Г.П., Сулейманов С.П., Петренко Л.В. Углеводороды и другие органические вещества железисто-кремнистых и карбонатных пород докембрия Среднего Побужья. *Проблемы геологии и стратиграфии докембрия Украины*. Киев: Наук. думка, 1979. С. 82—92.
10. Лазуренко В.И., Рябенко В.А., Хорунжий В.Я. О находке структур возможно органогенного происхождения в кристаллических породах юго-западного склона Украинского щита. *Геол. журн.* 1976. **36**, № 6. С. 126—130.
11. Лазько Е.М., Кирилюк В.П., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. Нижний докембрий западной части Украинского щита (возрастные комплексы и формации). Львов: Вища шк., 1975. 239 с.
12. Предовский А.А. Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего докембрия. Ленинград: Наука, 1980. 152 с.
13. Салоп Л.И. Геологическое развитие Земли в докембрии. Ленинград: Недра, 1982. 343 с.
14. Сиворонов А.А. Геологические условия образования докембрийских железорудных формаций западной части Украинского щита: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Львов, 1971. 24 с.
15. Смирнов А.М. Докембрий северо-запада Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Наука, 1976. 224 с.
16. Травин Л.В. Стратиграфия и дометаморфические формации архея Алдано-Учурского междуречья (Алданский щит): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Ленинград, 1975. 29 с.
17. Фолсом К. Происхождение жизни. Маленький теплый водоем. Пер. с англ. Д.Б. Кирпотин. М.: Мир, 1982. 160 с.
18. Шульдинер В.И. Геотермический градиент в архее и условия формирования архейских комплексов. *Геология и геофизика*. 1976. № 2. С. 67—75.
19. Шульдинер В.И. Докембрийский фундамент Тихоокеанского пояса и обрамляющих платформ. М.: Недра, 1982. 226 с.
20. Шумлянський Л.В. Геохімія піроксенових плагіогнейсів (ендербітів) Побужжя та ізотопний склад гафнію в цирконах. *Мінерал. журн.* 2012. **34**, № 2. С. 64—79.
21. Щербаков И.Б. Петрология докембрийских пород центральной части Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1975. 279 с.

Поступила 25.07.2018

REFERENCES

1. Bilonizhka, P.M., Gerenchuk, N.K., Zubova, S.N., Kyrylyk, V.P., Lashmanov, V.I. and Martynova, S.S. (1981), *Problemy osadochnoy geologii dokembriya*, Vyp. 6, Nauka, Moscow, RU, pp. 86-89 [in Russian].
2. Volkov, V.P. (1983), *Chemistry of atmosphere and surface of Venus*, Nauka, Moscow, RU, 206 p. [in Russian].
3. Kazanskiy, Yu.P. (1983), *Introduction in theory of sedimentation*, Nauka, Novosibirsk, RU, 223 p. [in Russian].
4. Kyrylyuk, V.P. (1971), *Geol. zhurn.*, Vol. 31, No. 6, Kyiv, UA, pp. 42-54 [in Russian].
5. Kyrylyuk, V.P. (1977), *Mezhvuzovskiy nauchnyy tematicheskiy sb.*, *Geologiya metamorficheskikh kompleksov*, Vyp. 6, Izd-vo Ural. Politech. Inst., Sverdlovsk, RU, pp. 40-47 [in Russian].
6. Kyrylyuk, V.P. (2013), *Geodynamika*, Vyp. 14, No. 1, Lviv, UA, pp. 82-97 [in Ukrainian].
7. Kyrylyuk, V.P., Bogdanova, M.I. and Savina, E.I. (2019), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 41, No. 1, Kyiv, UA, pp. 60-70. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.41.01.060> [in Russian].
8. Lazurenko, V.I. (1978), *Geol. zhurn.*, Vol. 38, No. 3, Kyiv, UA, pp. 78-88 [in Russian].
9. Lazurenko, V.I., Mamchur, G.P., Suleymanov, S.P. and Petrenko, L.V. (1979), *Problemy geologii i stratigrafii dokembriya Ukrainy*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, pp. 82-92 [in Russian].

10. Lazurenko, V.I., Ryabenko, V.A. and Horunzhiy, V.Ya. (1976), *Geol. zhurn.*, Vol. 36, No. 6, Kyiv, UA, pp. 126-130 [in Russian].
11. Lazko, E.M., Kyrylyuk, V.P., Sivoronov, A.A. and Yatsenko, G.M. (1975), *Lower Precambrian of the Western part of the Ukrainian Shield (age complexes and formations)*, Vyscha shkola, Lvov, UA, 239 p. [in Russian].
12. Predovskiy, A.A. (1980), *Reconstruction of the conditions of sedimentogenesis and volcanism of Lower Precambrian*, Nauka, Leningrad, RU, 152 p. [in Russian].
13. Salop, L.I. (1982), *Geological development of Earth in Precambrian*, Nedra, Leningrad, RU, 343 p. [in Russian].
14. Sivoronov, A.A. (1971), *Geological conditions of the origin of precambrian iron-ore formation of Western part of the Ukrainian Shield*, Abstr. dis. cand. geol.-mineral. sci., Lvov, UA, 24 p. [in Russian].
15. Smirnov, A.M. (1976), *Precambrian of North-West of Pacific mobile belt*, Nauka, Moscow, RU, 224 p. [in Russian].
16. Travin, L.V. (1975), *Stratigraphy and premetamorphic formations of Archaean of Aldan-Uchur country between (Aldanian Shield)*, Abstr. dis. cand. geol.-mineral. sci., Leningrad, RU, 29 p. [in Russian].
17. Folsome, C.E. (1983), *The Origin of Life. A Warm Little Pond*, Transl. from Engl. by Kirpotin, D.B., Mir, Moscow, RU, 160 p. [in Russian].
18. Shuldiner, V.I. (1976), *Geologiya i geofizika*, No. 2, Novosibirsk, RU, pp. 67-75 [in Russian].
19. Shuldiner, V.I. (1982), *Precambrian basement of Pacific belt and the framing platforms*, Nedra, Moscow, RU, 226 p. [in Russian].
20. Shumlyansky, L.V. (2012), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 34, No. 2, Kyiv, UA, pp. 64-79 [in Ukrainian].
21. Shcherbakov, I.B. (1975), *Petrology of Precambrian rocks of the Central Part of Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 279 p. [in Russian].

Received 25.07.2018

В.П. Кирилюк, М.І. Богданова, О.І. Савина

Львівський національний університет імені Івана Франка

79005, м. Львів, Україна, вул. Грушевського, 4

E-mail: Kyrylyuk.V@i.ua

**ПЕТРОПАРАГЕНЕЗИСИ ТА МОЖЛИВА ПРИРОДА СУПЕРКРУСТАЛЬНИХ
ФОРМАЦІЙ ПОБУЖСЬКОГО ГРАНУЛІТОВОГО КОМПЛЕКСУ
(ЗАХІДНА ЧАСТИНА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА).**

Стаття 3. Передбачуваний початковий склад і умови формування комплексу

У попередніх статтях циклу було показано, що у складі побузького гранулітового комплексу встановлено сім головних і три другорядні петропарагенезиси метаморфічних порід. Кожен із петропарагенезисів охоплює два-чотири петротипи. Розглянуто типоморфні ознаки петротипів і зроблено висновки про їхню початкову — літогенну або вулканогенну — природу. *Основні тенденції у будові розрізу.* У цій статті розглянуто поширення окремих петрографічних та петрохімічних груп порід у розрізі побузького комплексу. Встановлено участь у ньому двох петрогенетичних складових — спрямованого еволюційного ряду літогенних формацій і незалежного вулканогенного ряду, члени якого розсіяні в різних формаціях і утворюють одну самостійну ендербіто-гнейсову формацію. *Умови формування комплексу.* Петрогенетична інтерпретація особливостей складу і будови мармур-кальцифірового петропарагенезису дала змогу зробити висновок про можливі безгідросферні субаеральні умови його утворення в результаті реакції між високотемпературною (близько +300 °C) істотно вуглекислою атмосферою і силікатною літосферою. Ця реакція пояснює спільне накопичення карбонатної та кремнеземної складових, перетворених у ході подальшого метаморфізму на мармури та кальцифіри. Безгідросферні умови поширені на формування усього розрізу побузького комплексу і з цих позицій розглянуто вихідний склад усіх передбачуваних металітогенних формацій. При цьому, незалежно від уявлень про походження і умови формування побузького комплексу, його петропарагенетичний і геолого-формаційний склад не мають аналогів ані серед інших, менш метаморфізованих нижньодевонських комплексів, ані з урахуванням "елімінації" (уявного зняття) метаморфізму — серед неметаморфізованих фанерозойських комплексів. Це у будь-якому випадку свідчить про дуже специфічні умови формування початкових "дометаморфічних" товщ побузького комплексу, що мали глобальний характер.

Ключові слова: гранулітовий комплекс, суперкрустальна формація, петропарагенезис, петротип.

V.P. Kyrylyuk, M.I. Bogdanova, E.I. Savina

Ivan Franko National University of Lviv

4, Grushevskogo Str., Lviv, Ukraine, 79005

E-mail: Kyrylyuk.V@i.ua

**PETROPARAGENESES AND POSSIBLE ORIGIN OF THE BUG
AREA GRANULITE COMPLEX SUPERCrustal FORMATIONS
(WESTERN PART OF UKRAINIAN SHIELD).**

Article 3. The proposed initial composition and conditions
for the formation of the complex

Introduction. Early published articles have shown that there are seven main and three minor petroparageneses of metamorphic rocks found in the Bug Area granulite complex. Each petroparagenesis includes two or four petrotypes. Typomorphic signs of the petrotypes are considered and conclusions about their primary nature — lithogenic or volcanogenic — are drawn.

Basic trends of geological section structure. This article discusses the spreading of single petrographic and petrochemical groups of rocks in the section of the Bug Area complex. Two petrogenetic constituents are established in the complex — a directed evolutionary range of lithogenic formations and an independent volcanogenic range, whose members are distributed among different formations and form single independent enderbite-gneiss formation. *Conditions of forming of complex.* Petrogenetic interpretation of the compositional features and structure of marble-calciphyric petroparageneses makes it possible to reach a conclusion about probable nonhydrosphere less subaerial conditions of its formation. It was a result of interaction between high-temperature (about +300 °C) carbon dioxide rich atmosphere and silicate lithosphere. This reaction explains the combined accumulation of carbonate and silica constituents that are altered into marbles and calciphyres at subsequent metamorphism. Nonhydrosphereless conditions exist during the formation of the whole of the Bug Area complex and the initial composition of all the proposed metalithogenic formations is considered from these standpoints. At the same time, regardless of the concepts about the origin and formation conditions the Bug Area complex does not have any analogues (by its petroparagenetic and geological-formation composition) among both other, less metamorphosed Lower Precambrian complexes, or non-metamorphosed Phanerozoic complexes with taking into account the "elimination" (imageable removal) of metamorphism. In any case it indicates very specific conditions for the formation of the initial "pre-metamorphic" strata of the Bug Area complex, which have a global nature.

Keywords: granulite complex, supercrustal formation, petroparagenesis, petrotype.