

О так называемых "лейкогранулитовой формации" и "зеленолевадовской свите" раннего докембрия Украинского щита

А. Н. Пономаренко¹, О. Б. Гинтов², А. М. Степанюк¹, 2018

¹Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. М.П. Семененко НАН Украины, Киев, Украина

²Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 8 июня 2018 г.

На прикладі геологічної будови докембрійського фундаменту Середнього Побужжя (Український щит) показано, що у хроностратиграфічну схему нижнього архею Українського щита мають бути внесені зміни, зокрема виключено зеленолевадівську світу дністровсько-бузької серії, що представлена суперкрystalною лейкогранулітовою формацією. Встановлено, що на Побужжі цю формацію складають гранітизовані біотитові й гранат-біотитові гнейси формаційно-генетичного ряду кварц-польовошпатових метасоматитів, зокрема, структурно-формаційної асоціації метасоматитів зон регіональних розломів. За даними геологічного, геохімічного, тектонофізичного, радіоізотопного вивчення подібних порід у відслоненнях середньої течії р. Південний Буг (райони міст Гайворон, Первомайськ, пгт Олександрівка, сіл Соломія, Хашувате, Завалля, Кошаро-Олександрівка, Зелена Левада) доведено, що гнейси утворилися близько 2,03 млрд років тому в результаті діафорезу порід архейського фундаменту, їх гранулітовий вигляд, а також субвертикальне залягання пов'язані з динамометаморфічними, в тому числі зсувними, процесами. Лінійність зерен кварцу, польових шпатів, гранату та ін., шаруватість і кристалізаційна сланцюватість порід є вторинними і зумовлені силами стресу, орієнтованими в субгоризонтальній площині. Обговорено методичні питання вивчення вікових співвідношень породних комплексів катархею. Розглянуто відомий геологічний розріз Хашувато-Заваллівського району Середнього Побужжя і показано, що використання стратиграфічного методу, що ґрунтується на принципі послідовності нашарування суперкрystalних гірських порід, не є ефективним для таких комплексів через їх значну тектонічну та інтрузивно-метасоматичну переробку і неможливість виявлення первинної шаруватості. Найліпше за таких умов спиратися на об'єктивніші петроструктурні, мікроструктурні, петрохімічні методи, у тому числі радіоізотопні та геофізичні дані.

Ключові слова: Український щит, Середнє Побужжя, нижній архей, протерозой, лейкогрануліти, метасоматити, зони розломів, тектонофізика, радіогеохронологія, стратиграфія.

Введение. Среди группы формаций раннеархейских суперкрystalных пород Побужья и Приднестровья В.П. Кирилюком, А.А. Сивороновым и Г.М. Яценко [Лазько и др., 1975] была выделена лейкогранулитовая формация, в основном объеме представленная биотитовыми и биотит-гранатовыми гнейсами с небольшими пропластками кварцитов, кристаллосланцев и гиперстеновых гнейсов. Авторы отмечают довольно сильную гранитизацию гнейсов, превращение их в мигматиты и

розовые, до красных, гранитогнейсы (гнейсо-аляскитовую формацию). На отдельных участках, как установили авторы, породы сильно деформированы и сопровождаются зонами развития милонитов и бластомилонитов. Эти признаки отличают данную формацию от нижележащей формации гиперстеновых гнейсов и кристаллосланцев и вышележащей формации кварцитов и высокоглиноземистых пород.

Породы описываемой формации развиты на всей территории Бугско-Днестровского региона. Они включены в состав днестровско-бугской серии как ее верхняя свита, названная черневецкой для Приднестровья и Верхнего Побужья и зеленолевадовской для Среднего и Южного Побужья [Лазько и др., 1986]. Последнее название связано с районом развития ее стратотипа на правом берегу р. Южный Буг напротив с. Зеленая Левада в пределах Голованевской шовной зоны (ГШЗ).

Видимо, придание лейкогранулитовой формации ранга свиты вызывало неоднозначное отношение в группе Е.М. Лазько. Поэтому даже на составленной в 1989 г. Карте геологических формаций докембрия Украинского щита масштаба 1:500 000 [Карта ..., 1991] (фрагмент карты приведен на рис. 1) она переведена в ранг зеленолевадовской *толщи*, стоящей на уровне березнинской свиты Днестровско-Бугской серии нижнего архея. Хотя в других работах тех же авторов эта толща пород называется зеленолевадовской свитой днестровско-бугской серии, а березнинская свита лежит в основании разреза.

В данной статье рассматриваются вопросы генезиса и возраста образований лейкогранулитовой формации Украинского щита (УЩ) и, как следствие, возможности ее отнесения к днестровско-бугской серии раннего докембрия в ранге зеленолевадовской свиты (толщи).

В год выхода упомянутой выше Карты геологических формаций М.А. и Э.А. Ярощук в работе "Диафториты юго-западной части Украинского щита и их рудоносность" [Ярощук, Ярощук, 1989] сосредоточили внимание на центральной и юж-

ной части ГШЗ, где большинство участков развития пород лейкогранулитовой формации, показанных на рис. 1 (восточная часть), описаны ими как зоны развития диафторитов. Детально рассмотрены их геологические особенности, физико-химические условия и время образования.

Диафториты ГШЗ они подразделили на *диафториты зон сочленения* пород днестровско-бугской серии и немировского (сейчас гайворонского) комплекса с породами бугской серии, бердичевского и кировоградского комплексов, а также *диафториты зон разломов*. Поскольку, как теперь ясно, все зоны сочленения серий и комплексов ГШЗ проходят по разломам, становится понятным, насколько трудно было авторам разделить эти два типа диафторитов.

Более четкой оказалось подразделение рассматриваемых пород на поли- и монодиафториты. Первые образовались (упрощенно) в результате амфиболизации и биотитизации пород днестровско-бугской серии и, повторно, в процессе гранитизации и кварц-полевошпатового метасоматоза пород как днестровско-бугской, так и бугской серий, с образованием аплит-пегматоидных гранитов, мигматитов и бластомилонитов. Зоны разломов образовались в основном на втором этапе, хотя на некоторых участках в них наблюдаются и полидиафториты. Возраст полидиафторитов зон сочленения, определенный радиоизотопными методами по акцессорным монациту, ксенотиму, циркону, составил 2300—1950 млн лет. Верхний рубеж процессов монодиафтореза, в том числе биотитизации, в зонах разломов северо-западной ориентировки, определенный по тем же минералам, составил 1900—1800 млн лет [Ярощук, 1976].

Не вдаваясь в детальный анализ результатов изучения диафторитов ГШЗ, которые подробно изложены в приведенной работе, обратим внимание на одно обстоятельство. Участок ГШЗ по обоим берегам р. Южный Буг между эндербито-гнейсами Великочетнинской и Кошаро-Александровской (Луполовской) структур, рас-

смастриваемый как район развития стратотипической зеленолевадовской толщи или свиты (ибо на нем находится с. Зеленая Левада), отнесен М.А. и Э.А. Ярошукми к зоне развития поли- и монодиафторитов — Тарноватскому разлому, который протягивается через села Люшневата, Зеленая Левада, Тарновата и далее на юго-восток как Центральный.

Авторы настоящей статьи также многократно изучали породы лейкогранулитовой формации (зеленолевадовской толщи) как в районе с. Зеленая Левада [Степанюк, 2000; Гинтов, Мычак, 2011; Степанюк и др., 2017]), так и в других местах — по рекам Саница, Синюха и Ятрань [Гинтов, Исай, 1988; Гинтов, 2005; Гинтов и др., 2016; Гинтов, Шевчук, 2017], по р. Южный Буг в районе г. Гайворона — с. Соломия и с. Кошаро-Александровка [Степанюк, 1997, 2018; Степанюк и др., 2017], на отрезке Южного Буга от г. Первомайска до пгт Александровка [Гинтов, Исай, 1988]. Во всех без исключения случаях эти образования относились к глубинным диафторитам — динамометаморфически и метасоматически измененным породам, испытавшим разгнейсование, мигматизацию и превращенных в биотитовые гранитогнейсы с зонами развития милонитов и бластомилонитов.

Тектонофизики, разработав в начале 80-х годов прошлого века методику изучения разломов консолидированной коры, составили карту морфокинематики зон разломов ГШЗ [Гинтов, Исай, 1988; Гинтов, Мычак, 2011; Гинтов и др., 2016]. Фрагмент последней такой карты показан на рис. 2. На ней, наряду с известными Тальновской, Первомайской, Емиловской и другими зонами, была выделена и Молдовская зона разломов. Эта зона прослежена по азимуту 345° из района с. Зеленая Левада в район с. Молдовка по р. Южный Буг и ручью между селами Люшневата, Надеждовка и Молдовка (см. зону № 7 на рис. 2). Ширина зоны разлома не менее 4 км, на юг от с. Зеленая Левада она продолжается до сел Тарновата и Николаевка (к большому сожалению,

геологи и геофизики нечасто выполняют совместные маршруты, поэтому одним и тем же структурам дают разные названия).

Геолого-геофизические признаки выделения Молдовской зоны разломов такие же, как для других известных разломов ГШЗ, — линейные минимумы или зоны высоких градиентов гравитационного поля, линейные магнитные аномалии, как правило, отрицательные; породы в зоне характеризуются плоскопараллельным расположением зерен кварца, полевого шпата и слюд (в основном биотита), вытянутых вдоль простирания зоны (L-сколов) или под небольшим углом к нему (R-сколы). Амфиболы часто образуют веретенообразные зерна, вытянутые субпараллельно оси зоны разлома. Породы калишпатизированы и мигматизированы, превращены в гранитогнейсы, широко развитые здесь гранат-биотитовые гнейсы содержат полосы милонитов и бластомилонитов.

Заметим, что и составители Карты геологических формаций указывают на явления диафтореза в биотит-гранатовых гнейсах лейкогранулитовой формации, а также на то, что "милонитизация и катаклиз сопровождаются интенсивной биотитизацией" [Лазько и др., 1975, с. 63]. Из рис. 1 видно, что практически все разломы, показанные на нем (а их показали авторы Карты), прослеживаются в породах лейкогранулитовой и гнейсо-алюскитовой формаций или ограничивают их.

Особенно ярко на Карте выделяется двумя меридиональными разломами широкая зона развития пород лейкогранулитовой и гнейсо-алюскитовой формаций, совпадающая с известной Тальновской зоной разломов (ТЗР), достаточно детально изученной тектонофизиками [Гинтов, Исай, 1988; Шевчук, 2012; Гинтов и др., 2016; Гинтов, Шевчук, 2017].

Можно привести пример Грушковской зоны скальвания ТЗР, которая прослеживается по р. Саница от с. Каменный Брод, через с. Шамраевка, пгт Ульяновка, села Грушка и Калиново [Гинтов и др., 2016]. На рис. 3 показан общий вид карьера на

южной окраине пгт Ульяновка, где на поверхность выходят типичные породы лейкогранулитовой формации. Они представлены [Шевчук, 2012] биотитовыми гранитогнейсами и мигматитами, а также кварцкалишпатовыми метасоматитами светлосерой, кремовой с красноватым оттенком окраски, составляющими Ульяновскую мигматито-гранитогнейсовую моноклиаль. Однотипные элементы залегания плоскостных структур моноклинали, тесно связанных с синкинематической гранитизацией (полосчатости мигматитового типа и кристаллизационной сланцеватости): $125^\circ/76-78^\circ$ (рис. 4, а). Структурно-текстурная характеристика пород достаточно пестрая: грубополосчатые разновидности перемежаются с тонкополосчатыми, порфиробла-

стовыми, глыбовыми; микроструктуры изменяются от мелкозернистых до пегматитовых, от бластокатакластических и бластомилонитовых до гранобластовых и порфиробластовых. Хорошо проявлены и постгранитизационные деформации в виде поздних милонитов (см. рис. 4, б) и зеркал скольжения.

Выполненный В. В. Шевчуком анализ микроструктурных признаков [Шевчук, 2012] позволил установить, что в синдеформационном процессе кремний-калиевого метасоматоза образование субсогласных с мигматитовой полосчатостью аплит-пегматоидных жил и порфиробластов калишпата происходило в условиях комбинации левосдвиговых и взбросо-сбросовых перемещений, а деформации более

Рис. 2. Фрагмент структурно-петрофизической основы геологической карты масштаба 1 : 100 000 кристаллического фундамента центральной части ГШЗ (лист М-36-XXXI — Первомайск), по [Гинтов и др., 2016]: 1 — кристаллосланцы двупироксеновые, ортопироксеновые, биотит-ортопироксеновые, гранат-ортопироксеновые, магнетит-двупироксеновые, 2 — плагиогнейсы, гнейсы гранат-биотитовые, 3 — плагиогнейсы, амфибол-биотитовые, гнейсы биотитовые, 4 — кварциты полевошпатовые, часто с силлиманитом и гранатом, плагиогнейсы, гнейсы силлиманит-гранат-биотитовые, гранат-кордиерит-биотитовые, силлиманит-гранат-кордиерит-биотитовые, 5 — плагиогнейсы биотит-графитовые (часто с силлиманитом и гранатом), кальцифиры доломит-кальцитовые, кальцитовые, 6 — кварциты железистые, в основном магнетит-двупироксеновые, кальцифиры магнетитовые рудные, 7 — метагабброиды — амфиболиты, габбро, габбро-амфиболиты, 8 — серпентиниты, серпентинизированные ультрабазиты, 9 — эндербиты, чарнокиты с мелкими включениями кристаллосланцев двупироксен-плагиоклазовых и розовых гранитов — чарнокиты, часто гранатсодержащие, по [Геологическая ..., 1990], 10 — эндербиты, чарнокиты с крупными включениями кристаллосланцев двупироксен-плагиоклазовых и розовых гранитов — эндербитогнейсы, по [Геологическая ..., 1990], 11 — розовые и серовато-розовые полосчатые гранат-биотитовые гнейсо-граниты, редко массивные побужского (чудново-бердичевского) комплекса, 12 — гнейсо-граниты полосчатые розовые и серовато-розовые, как правило, динамометаморфически измененные синицовского комплекса, 13 — серые и розовато-серые среднезернистые порфириовидные граниты Кировоградского комплекса, 14 — серые и розовато-серые граниты биотитовые, неравномернозернистые до порфириовидных уманского комплекса, 15 — плагиограниты амфибол-биотитовые, иногда с гранатом, ортопироксеном гайсинского комплекса, 16 — динамометаморфически измененные гранитоиды — бластокатаклазиты гранитоидного и чарнокитоидного составов, по [Геологическая ..., 1990], 17 — милонитовые, ультрамилонитовые и бластомилонитовые швы, а также линейные зоны гнейсификации, рассланцевания и дробления зон разломов, 18 — места отбора проб на изотопный анализ, их номера и данные о возрасте пород в млрд лет, по [Геохронология ..., 2005, 2008; Степанюк и др., 2010] в соответствии с номерами: 1 — гнейсы биотит-двупироксеновые — $2,6 \pm 0,15$, элизиты — $1,9 \pm 0,01$; 2 — белые полевошпатовые кварциты — $2,8 \pm 0,4$; 3 — плагиогранит серый среднезернистый — 2,6, гранит аплит-пегматоидный — $2,4 \pm 0,07$; 4 — гранит биотитовый — $2,1 \pm 0,1$; 5 — эндербит — $2,8 \pm 0,03$; 6 — темно-серый кварцит — 2,7 (по циркону), $2,1 \pm 0,004$ (по монациту); 7 — хромиты и хромитсодержащие породы — 3,0; 8 — гранит розовый крупнозернистый жильный — $2,0 \pm 0,08$; 9 — ультрамафит — $2,3 \pm 0,02$; 10 — чарнокит — $2,0 \pm 0,1$; 11 — чарнокит — $2,9 \pm 0,27$ (по циркону), $2,0 \pm 0,06$ (по монациту), 19 — номера основных зон разломов (в больших кружках) и их зон скальвания (в малых кружках): 1 — Тальновская (1а — Заячковская; 1б — Коржовская; 1в — Синицовская; 1г — Грушковская; 1д — Сабатиновская); 2 — Емиловская (2а — Краснопольская; 2б — Сухотошлыкская); 3 — Субботско-Мошоринская; 4 — Первомайская (4а — Гнилоткичская; 4б — Синохинобродская; 4в — Ольшанская; 4г — Калмазистовская; 4д — Константиновская); 5 — Савранская; 6 — Врэдиевская; 7 — Молдовская; 8 — Долгопристаньская; 9 — Гвоздавская; кинематические знаки (крупные стрелки — этап заложения, мелкие — фазы активизации); 20 — правый сдвиг, 21 — левый сдвиг, 22 — сбросо-сдвиг, 23 — направления длинных осей эллипсоидов максимальной деформации пород фундамента, вызванной их течением под действием сил сжатия и сдвига, 24 — направление падения зон скальвания у поверхности кристаллического фундамента, 25 — контур области максимального развития гипербазитов капитановско-деренюхинского комплекса, 26 — зоны максимальных градиентов поля силы тяжести.

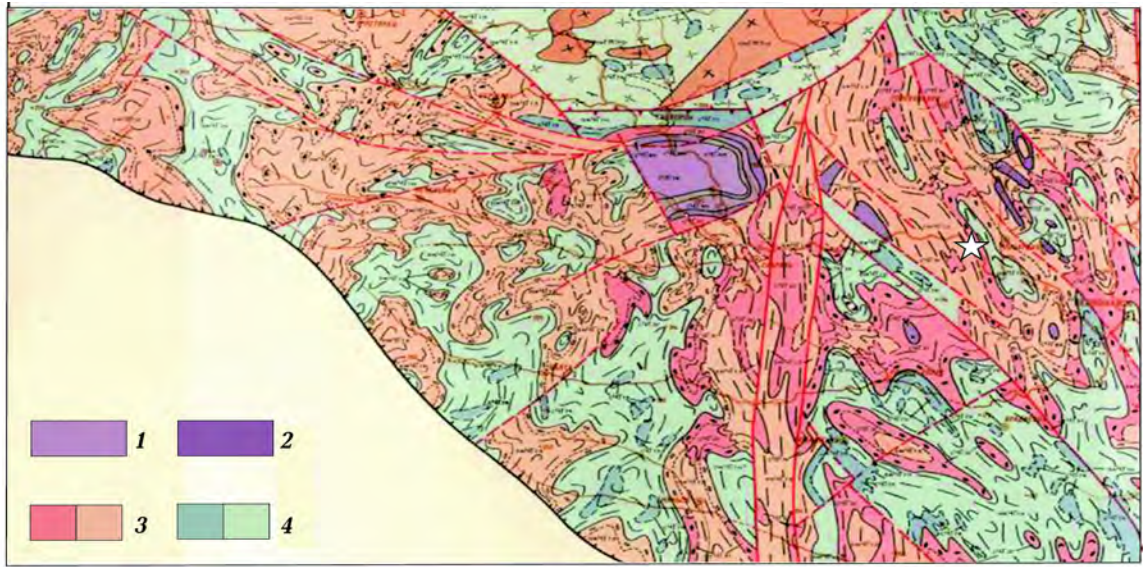


Рис. 1. Фрагмент карты геологических формаций докембрия Украинского щита масштаба 1 : 500 000 [Лазько и др., 1989] и сопоставление их со стратиграфическими подразделениями для территории Среднего Побужья между Немировской и Первомайской зонами разломов. Обобщенные условные обозначения (архей): 1 — суперкrustальные высокоглиноземисто-кварцевая, мрамор-кальцифировая, кондалитовая и эвлизитовая формации, соответствующие свитам бугской серии — кошаро-александровской, хашчевато-завальевской и сальковской; 2 — плутонометаморфическая метадунит-гарцбургитовая формация, соответствующая капитановско-деренюхинскому комплексу; 3 — лейкогранулитовая суперкrustальная (темно-розовое) и сопряженная с ней гнейсо-алюкитовая плутонометаморфическая (светло-розовое) формации, соответствующие зеленолевадовской толще днестровско-бугской серии; 4 — гнейсо-кристаллосланцевая суперкrustальная (темное) и гнейсо-эндербитовая плутонометаморфическая (светлое) формации, соответствующие тывровской свите днестровско-бугской серии и гайворонскому комплексу. Белая звездочка — обнажение пород лейкогранулитовой формации на правом берегу р. Южный Буг напротив с. Зеленая Левада.

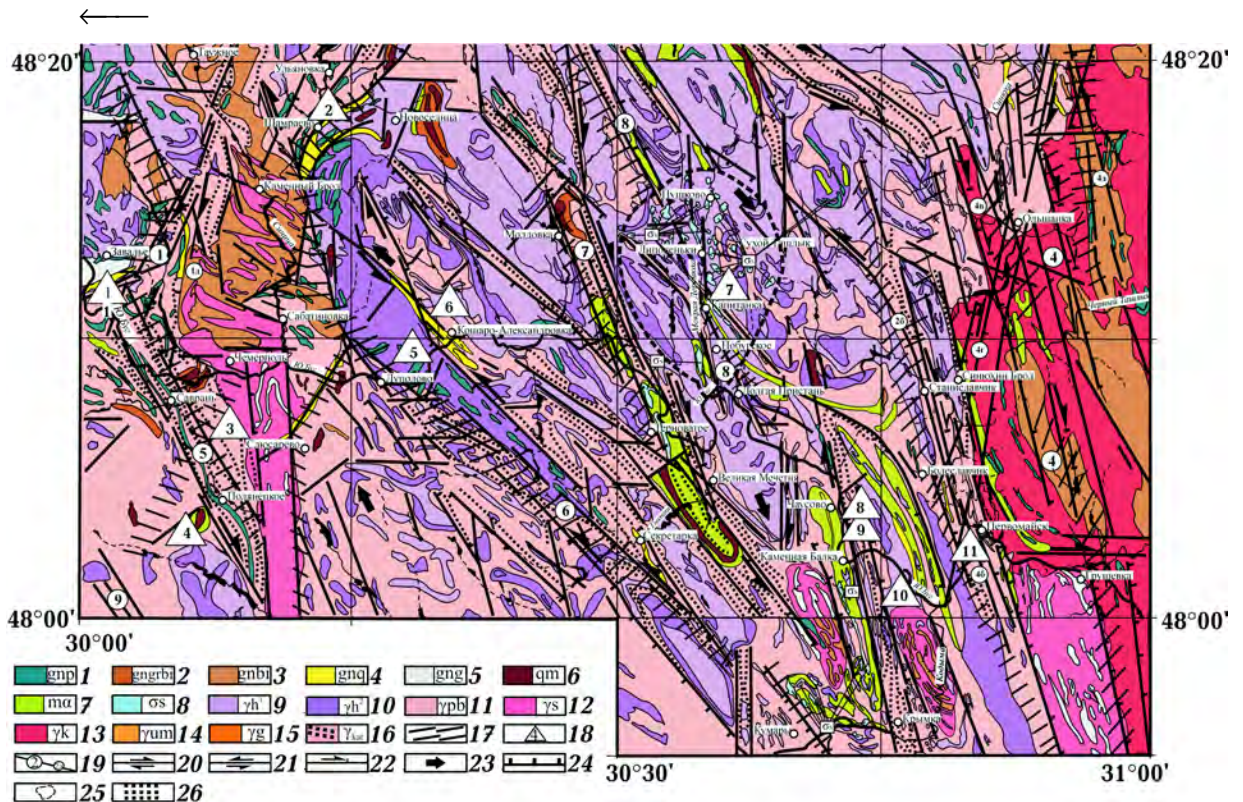




Рис. 3. Общий вид карьера на южной окраине пгт Ульяновка. Правый берег р. Синица. Фото В.В. Шевчука.

поздних кварцевых прожилков указывают на преимущественно вертикальный характер тектонических движений.

Но если снять процессы динамометаморфизма и метасоматоза, мигматизации и калишпатизации, то что же остается для субстрата лейкогранулитовой формации? Только биотитовые и гранат-биотитовые гнейсы, широкие зоны развития которых оказались в гранулитовом фундаменте Побужья и Приднестровья? Если даже пред-

положить, что биотит по каким-то причинам оказался устойчивым в условиях гранулитовой фации метаморфизма, то куда деть тот факт, что большинство площадей развития пород лейкогранулитовой и гнейсо-аляскитовой формаций на Карте геологических формации имеют линейно-вытянутую форму (см. рис. 1). Это относится и непосредственно к той полосе — Молдовскому (Тарноватскому) разлому, которая прослеживается в северо-за-



а



б

Рис. 4. Лейкогранулиты Ульяновской мигматито-гранито-гнейсовой моноклинали: *а* — порфиробластически-линзовидный мигматит и обогащенный калишпатом гранито-гнейс; *б* — полоски милонитов в линзе гранита среди биотитовых гнейсов. Фото В.В. Шевчука.

падном направлении через с. Зеленая Левада на 40 км при ширине от 1 до максимум 5 км (см. рис. 2).

В западной части региона также видна корреляция простирающихся пород формации с направлением соответствующих разломов. Г.Г. Виноградов еще в 1959 г. при съемке листа М-35-144-Г установил широтный разлом, протягивающийся от с. Хащеватое на востоке до с. Соломия на западе. Это единственный крупный разлом, показанный им на карте масштаба 1:50 000. Разлом, по Г.Г. Виноградову, проходит в гнейсовидных розовых и розово-серых катаклазированных гранитах и аплит-пегматоидных их разновидностях, в которых встречаются полосы биотитовых и силлиманит-биотитовых гнейсов. Позднее они были показаны на Карте формаций (см. рис. 1) как лейкогранулиты.

Из рис. 2 видно, что розовые и серовато-розовые полосчатые гранат-биотитовые гнейсограниты побужского комплекса ГШЗ (11) — те же лейкогранулиты, которые в большинстве случаев вытянуты вдоль разломов. В правой части рисунка видно, что крупные полосы биотитовых и гранат-биотитовых гнейсов, закартированные еще Г.Г. Виноградовым, совмещаются с зонами скалывания Первомайской зоны разломов. Этот аргумент, не смотря на то, что он является чисто качественным, оказывается сильным ограничением на любую теорию, объясняющую возможность образования биотитовых гнейсов в условиях прогрессивного регионального гранулитового метаморфизма.

Более точные данные о характере и возрасте процессов, с которыми связаны формирование и деформирование биотитовых и гранат-биотитовых гнейсов лейкогранулитовой формации "зеленолевадовской толщи", получены уже в этом столетии на основе петрографических, петрохимических и радиогеохронологических исследований.

Биотитовые гнейсы были изучены в карьерах и береговых обнажениях р. Южный Буг в районе сел Зеленая Левада, Кошаро-Александровка, Красненькое (в пре-

делах ГШЗ), а также на отрезке г. Гайворон — с. Соломия [Степанюк, 1997; 2000, 2018; Степанюк и др., 2017]. Это — среднезернистые серые, серовато-розовые, иногда красные, в значительной степени мигматизированные породы.

Участок с. Зеленая Левада. На правом берегу р. Южный Буг, напротив с. Зеленая Левада, в скальных выходах обнажается пачка гиперстен-биотитовых плагиогнейсов и биотитовых гнейсов, которые на отдельных участках подверглись мигматизации и калишпатизации, проявленной в виде неравномерно размещенных порфиробластов калиевого полевого шпата. Пачка прорвана единичными линзовидными телами гранитов. Кое-где наблюдаются латеральные переходы между меланократовыми гиперстенсодержащими и лейкократовыми биотитовыми гнейсами. Суть перехода заключается в том, что в прослое меланократового гнейса постепенно увеличивается количество и мощность кварц-калишпатовых прожилков, которые, сливаясь, образуют лейкократовый гнейс.

В менее калишпатизованных породах, наряду с новообразованными желтовато-коричневыми кристаллами циркона, встречаются реликтовые призматические розовые кристаллы и так называемые драгоценные цирконы, характерные для гиперстеновых гнейсов и эндербитов. В лейкократовых биотитовых гнейсах выявлены лишь единичные "драгоценные" кристаллы, а основная масса циркона представлена медово-желтыми, желтовато-коричневыми, коричневыми до коричнево-черных, эллипсоидными и призматическими кристаллами с округленными вершинками и ребрами. Важно, что аплит-пегматоидные граниты (гранито-гнейсы, по [Лазыко и др., 1975]), развивающиеся по биотитовым и гранат-биотитовым гнейсам, вмещают кристаллы циркона с хорошо развитой огранкой, характерной для гранитов.

Для определения времени проявления процессов калишпатизации и формирования биотитовых гнейсов из разреза, расположенного на правом берегу р. Южный

Буг напротив с. Зеленая Левада, датировались монациты микроклинизированной плаггиогнейса (проба СП-23-1) и гранита (проба СП-23-6).

Плаггиогнейс биотитовый, лейкогранулитовая формация (зеленолевадовская толща), проба СП-23-1, правый берег р. Южный Буг, с. Зеленая Левада. Биотитовый плаггиогнейс, розово-серый слабо калишпатизованный и мигматизированный, сложен (об. %): плагиоклазом 50—55, кварцем 30—33, биотитом около 10, микроклином 2—4. Из акцессорных минералов присутствуют сфен, апатит, циркон, ортит (реликты) и монацит. Структура гомео-, лепидогранобластовая, мелкозернистая со средним размером зерен 0,2—0,8 мм и отдельными зернами кварца размером до 2,0 мм. Текстура сланцеватая, гнейсовидная.

Химический состав (вес. %): SiO₂ — 72,48; TiO₂ — 0,33; Al₂O₃ — 13,92; Fe₂O₃ — 0,95; FeO — 2,15; MnO — 0,02; MgO — 1,06; CaO — 2,58; Na₂O — 4,41; K₂O — 1,12; P₂O₅ — 0,06; S — 0,04; H₂O — 0,15; ППП — 0,28; сумма — 99,55.

Монацит образует светло-желтые, желтые прозрачные, с постепенными переходами к коричневато-желтым полупрозрачным, кристаллы пампушковидной, изредка эллипсоидной формы с незначи-

тельным удлинением (1,5—2). Поверхность зерен ровная блестящая, отмечаются многочисленные неровности в виде ямок — отпечатки минералов-соседей. В шлифах зерна монацита преимущественно находятся на границах зерен, изредка включены в плагиоклаз.

Возраст определялся по одной мультитерновой навеске светло-желтых прозрачных и трех мультитерновым навескам размерных фракций желтых, коричневато-желтых полупрозрачных кристаллов. Разделение на размерные фракции выполнено скатыванием по наклонной плоскости. Результаты изотопного датирования приведены в табл. 1.

Учитывая, что для всех фракций монацита получены конкордантные значения возраста (дискордантность не превышает 0,4%), за возраст монацита принимаем средневзвешенное (по отношению ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb) значение 2031,5 ± 6,7 млн лет (рис. 5).

Гранит биотитовый, слабо катаклазированный, проба СП-23-6, правый берег р. Южный Буг, район с. Зеленая Левада. Гранит образует линзовидное тело среди мигматизированных розовых биотитовых гнейсов, наблюдаемых в обнажении, размеры которого не превышают 3 × 5 м.

Минеральный состав, %: микроклин

Т а б л и ц а 1. Содержание урана, свинца и изотопный состав свинца в монацитах из биотитового плаггиогнейса лейкогранулитовой формации (зеленолевадовской толщи), проба СП-23-1, с. Зеленая Левада

Фракция монацита	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb	²⁰⁶ Pb _r / ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb _r / ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb _r / ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb _r / ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb _r / ²⁰⁶ Pb _r
Светло-желтые прозрачные	14689	11475	120500	8,0006	0,75924	0,36986	6,3748	2029	2029	2028,9
1	10915	9814	22370	7,9504	0,59556	0,37019	6,3962	2030	2032	2033,2
2	10684	10081	22480	7,9466	0,54867	0,36947	6,3870	2027	2030	2034,1
3	11515	10358	32570	7,9770	0,59577	0,37059	6,3912	2032	2031	2029,9

П р и м е ч а н и е. Поправка на обычный свинец введена по Стейси и Крамерсу на возраст 2030 млн лет, 1—3 — размерные фракции желтых, коричневато-желтых полупрозрачных, крупных (более 0,1 мм) кристаллов.

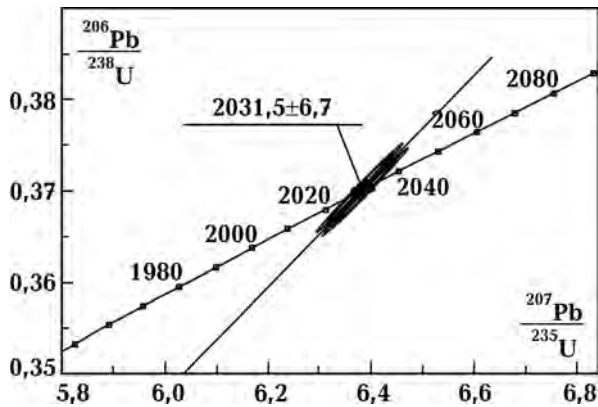


Рис. 5. U-Pb диаграмма с конкордией для монацитов из биотитового плагиогнейса лейкогранулитовой формации (зеленолевадовской толщи), проба СП-23-1, правый берег р. Южный Буг, район с. Зеленая Левада.

40—45, плагиоклаз 30—34; кварц 15—20, биотит около 5, сфен около 1; акцессорные — циркон, монацит; вторичные — хлорит по биотиту, серицит и кальцит по плагиоклазу.

Структура неоднородная, средне-крупнозернистая, аллотриоморфно-зернистая. Неоднородность проявляется в присутствии крупных зерен микроклина и единичных зерен плагиоклаза размером 3,8—7 мм и более мелких зерен полевых шпатов,

кварца и биотита размером 1—3 мм, которые располагаются между крупными выделениями микроклина.

Химический состав (вес. %): SiO₂ — 70,30; TiO₂ — 0,11; Al₂O₃ — 14,69; Fe₂O₃ — 0,28; FeO — 1,43; MnO — 0,01; MgO — 0,57; CaO — 0,98; Na₂O — 2,88; K₂O — 7,77; P₂O₅ — 0,03; S — менее 0,02; H₂O — 0,19; ППП — 0,30; сумма — 99,54.

По цвету наблюдается широкая гамма кристаллов монацита, от светло-желтых прозрачных до коричневатожелтых полупрозрачных. Кристаллы пампушко-видные и дисковидные (с хорошо развитым пинакоидом), имеют ровную блестящую поверхность, однако некоторые коричневатожелтые зерна характеризуются шагреновой поверхностью. В шлифах монацит обычно приурочен к интерстициям.

Возраст монацита, рассчитанный по верхнему пересечению конкордии изохронной, построенной для размерных мультизерновых фракций его кристаллов (табл. 2), составляет 2030,3 ± 1,7 млн лет (рис. 6), средневзвешенное значение возраста по отношению ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb — 2029,3 ± 2,1 млн лет.

Участок с. Кошаро-Александровка (карьер). В Кошаро-Александровском карьере были выявлены проявления кремний-

Т а б л и ц а 2. Содержание урана, свинца и изотопный состав свинца в монацитах из гранита, проба СП-23-6

Фракция монацита	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb	²⁰⁶ Pb _r / ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb _r / ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb _r / ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb _r / ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb _r / ²⁰⁶ Pb _r
1	6541	10916	15460	7,9466	0,24473	0,36891	6,3637	2024	2027	2030.3
2	5602	9602	23640	7,9694	0,23701	0,36957	6,3719	2027	2028	2029.4
3	7423	11797	4690	7,8376	0,25796	0,36513	6,2875	2006	2017	2027.2
4	6982	11800	4220	7,8204	0,23483	0,36052	6,2063	1985	2005	2026.7
5	6709	11067	7240	7,8945	0,24561	0,36524	6,2931	2007	2017	2028.3

П р и м е ч а н и е. Поправка на обычный свинец введена по Стейси и Крамерсу на возраст 2030 млн лет; 1, 2 — размерные фракции светло-желтых прозрачных кристаллов, 3—5 — размерные фракции коричневатожелтых полупрозрачных кристаллов.

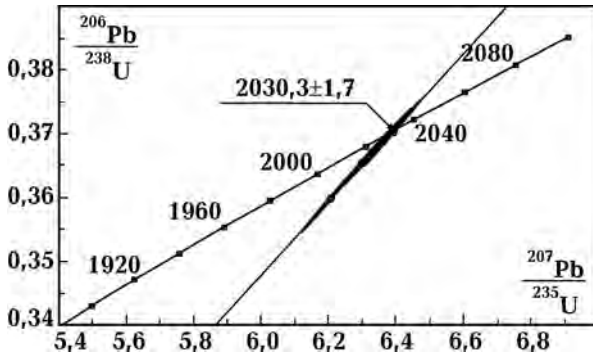


Рис. 6. Уран-свинцовая диаграмма с конкордией для монацитов из гранита, проба СП-23-6, правый берег р. Южный Буг, район с. Зеленая Левада.

калиевого метасоматоза в эндербитогнейсах (гиперстеновых плагиогнейсах) и формирование по ним биотитовых гнейсов.

Изменение химического состава безкальциевых пород при замещении их биотитовыми гнейсами демонстрирует рис. 7.

Такое замещение сопровождалось превращением парагенезиса ортопироксен + кварц + плагиоклаз на парагенезис биотит + плагиоклаз + микроклин + кварц ± гранат. При этом значительное изменение претерпели и кристаллы циркона. На ранних этапах увеличивалось общее количество циркона, вероятно, благодаря кристаллизации медово-желтых и коричневых изометричных кристаллов появился монацит. Очевидно, что на конечных стадиях процесса циркон растворялся. В типичных розовых лейкократовых биотитовых гнейсах содержание циркона незначительное (до 40 г/т). Кристаллы циркона часто несут следы травления.

Уран-свинцовым методом по монациту датировался биотитовый гнейс (метасоматит), который в виде пластовидного тела с нечеткими ограничениями обнажается в южной части Кошаро-Александровского карьера. Гнейс биотитовый светло-розовый, проба СП-8-18, сложен (об. %): кварцем 30—35, плагиоклазом 30—35, микроклином 25—30, биотитом 3—5. Из акцессорных минералов присутствует апатит, монацит, циркон и ортит (реликты).

Структура гомеогранобластовая, мелко-среднезернистая со средним размером зерен 0,5—1,4 мм, отдельные зерна плагиоклаза размером до 1,8 мм. Текстура гнейсовидная.

Химический состав (вес. %): SiO_2 — 74,01; TiO_2 — 0,21; Al_2O_3 — 13,21; Fe_2O_3 — 1,60; FeO — 0,86; MnO — сл.; MgO — 0,61; CaO — 1,66; Na_2O — 2,60; K_2O — 4,56; S — сл.; H_2O — 0,08; ППП — 0,42. Монацит образует кристаллы от светло-коричневого (водяно-прозрачные, прозрачные) до темно-коричневого (полупрозрачные) цвета. Форма кристаллов пампушко-видная, дисковидная, с многочисленными ямками, заливами и горбиками. Отдельные зерна представляют собой тонкие сильно деформированные пластинки, похожие на скорлупу, что, вероятно, обусловлено кристаллизацией в ограниченном пространстве (интерстициях). Поверхность зе-

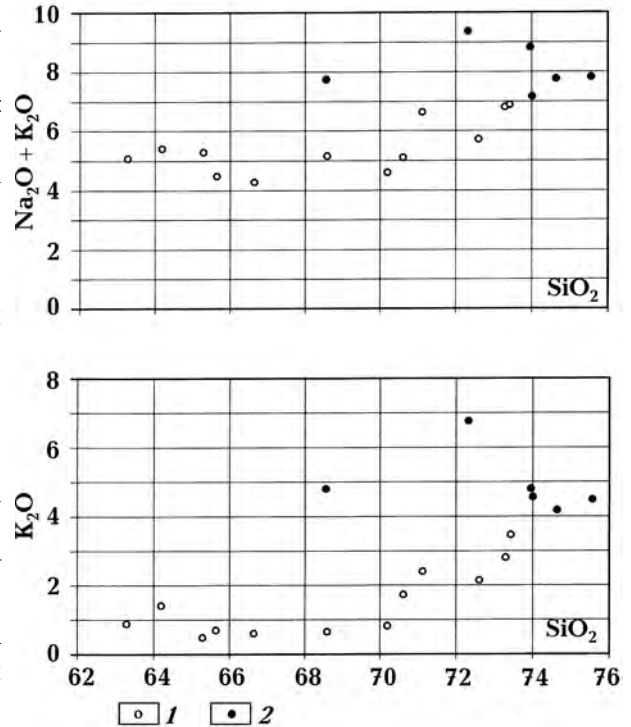


Рис. 7. Петрохимические диаграммы $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ и $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ для: гиперстеновых плагиогранитоидов гайворонского комплекса (1), биотитовых и гранат-биотитовых гнейсов лейкогранулитовой формации (зеленолевадовской толщи) (2).

рен ровная, блестящая, контуры округленные. В шлифах монацит преимущественно находится на границах зерен.

Результаты уран-свинцового датирования мультизерновых навесок монацита приведены в табл. 3.

Учитывая, что для всех фракций монацита, кроме 3а, получено конкордантные значения возраста (дискордантность не превышает 0,8 %), за возраст монацита мы принимаем средневзвешенное (по отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) значение возраста, составляющее $2026,5 \pm 2,6$ млн лет (рис. 8).

Результаты уран-свинцового изотопного датирования коричневых кристаллов циркона из биотитового гнейса, располо-

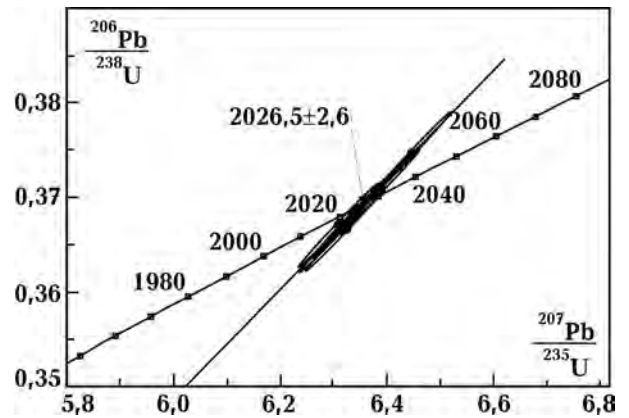


Рис. 8. U-Pb диаграмма с конкордией для монацита из биотитового гнейса (метасоматита), проба СП-8-18, левый берег р. Южный Буг, с. Кошаро-Александровка, карьер.

Т а б л и ц а 3. Содержание урана, свинца и изотопный состав свинца в монацитах из биотитового гнейса (метасоматита), проба СП-8-18, с. Кошаро-Александровка, карьер

Фракция монацита	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{206}\text{Pb}_{14}$
1	681,3	6398	7080	7,9014	0,035504	0,36821	6,3365	2021	2024	2026,1
2	734,6	6591	11200	7,9605	0,037109	0,36735	6,3090	2017	2020	2022,6
3	848,5	6784	6450	7,8734	0,041843	0,36688	6,3272	2015	2022	2029,9
4	693,6	6557	12710	7,9561	0,035305	0,36905	6,3488	2025	2025	2025,5
Более 0,2, К, Нп-П	914,1	7582	11560	7,9089	0,040621	0,37038	6,4048	2031	2033	2034,7
Более 0,2, Св-К Проз	748,8	6686	9100	7,9308	0,037283	0,36708	6,3144	2016	2020	2025,4
1 + 2	670,9	6331	7110	7,9039	0,035425	0,36919	6,3517	2026	2026	2025,7
3а	740,4	6662	9510	7,9327	0,037780	0,37472	6,4475	2052	2039	2025,8
4а	769,3	7057	10200	7,9371	0,036587	0,37044	6,3751	2031	2029	2026,2

Примечание. Поправка на обыкновенный свинец введена по Стейси и Крамерсу на возраст 2030 млн лет; 1, 2 — размерные фракции светло-коричневых прозрачных кристаллов, 3, 4 — размерные фракции светло-коричневых и коричневых полупрозрачных кристаллов, 1 + 2 — смесь фракций 1 и 2, 3а и 4а — повторные анализы фракций 3 и 4. К — коричневый, Св-К — светло-коричневый, проз — прозрачный, Нп-П — полупрозрачный.

женного за пределами (южнее) карьера, указывают на палеопротерозойское время их образования 2324 ± 180 млн лет [Степанюк, 1997].

Участок г. Гайворон — с. Соломия. Биотитовые и гранат-биотитовые гнейсы, перенесшие влияние процессов калиевого метасоматоза, были изучены здесь в геологических разрезах в бортах р. Южный Буг. На этом участке повсеместно наблюдаются признаки процессов динамометаморфизма в виде бластомилонитизации и биотитизации пород днестровско-бугской серии и эндербито-гнейсового комплекса, отмеченные еще Г.Г. Виноградовым при съемке масштаба 1 : 50 000 (районы сел Солгутово, Антонево, Соломия, Буговое, Хашцеватое). Пачка бластомилонитов мощностью около 20 м наблюдается и севернее, в южной части Гайворонского карьера.

Южнее карьера, в обнажениях по обоим берегам р. Южный Буг, достаточно часто среди плагиогнейсов наблюдаются биотитовые, изредка гранат-биотитовые гнейсы, относящиеся, как и гнейсы района сел Зеленая Левада и Кошаро-Александровка, к лейкогранулитовой формации (зеленолевадовской толще). На правом берегу реки, напротив южной части карьера, в виде пластовидного тела изменчивой (от 20 см до 1 м) мощности наблюдается калишпатизированный биотитовый плагиогнейс, из которого была отобрана проба СП-21-6.

Плагиогнейс биотитовый, проба СП-21-6, правый берег р. Южный Буг, напротив Гайворонского карьера. Порода красновато-серая, гнейсовидная. Структура: гетеробластовая, зубчато-гранобластовая, мелко-среднезернистая со средним размером зерен от 0,05—0,2 до 0,5—2,2 мм. Участками крупные зерна обуславливают элементы порфиробластовой структуры. Мелкие зерна являются результатом проявления тектонобластеза. Они находятся преимущественно на границах зерен, изредка образуют небольшие линзы. Катаклиз проявлен в пластичных деформациях зерен общей массы и растрескивании зерен кварца.

Минеральный состав, (об. %): плагиоклаз 55—60, кварц 25—35, микроклин 3—5, биотит около 5; акцессорные минералы: циркон, ортит (реликты), монацит, апатит.

Химический состав (вес. %): SiO_2 — 72,49; TiO_2 — 0,32; Al_2O_3 — 14,32; Fe_2O_3 — 0,85; FeO — 1,51; MnO — 0,02; MgO — 1,02; CaO — 2,78; Na_2O — 4,89; K_2O — 1,12; P_2O_5 — 0,06; S — 0,03; H_2O — 0,16; ППП — 0,28; сумма — 99,85.

Под биноклем монацит представлен кристаллами нескольких разновидностей. Наименее распространенными являются светло-желтые водяно-прозрачные кристаллы (около 10%), как правило, мелкие (менее 0,05 мм) и лишь отдельные кристаллы крупнее 0,1 мм. Более распространенными являются медово-желтые прозрачные (около 20%) и буровато-желтые полупрозрачные и непрозрачные (около 70%), обычно крупные (основная масса зерен 0,1—0,2 мм) кристаллы.

Для кристаллов монацита характерны округленные контуры, гладкая блестящая поверхность, дисковидная форма, обусловленная гранями пинакоида, в меньших количествах присутствуют пампушковидные зерна. В огранке большинства кристаллов монацита, в том числе пампушковидных, кроме граней пинакоида присутствуют и другие грани, а также отмечаются отдельные ребра, хотя последние практически повсеместно округлены.

Уран-свинцовое изотопное датирование выполнялось по мультизерновым навескам размерных фракций кристаллов, полученных скатыванием по наклоненной площадке. Результаты датирования приведены в табл. 4.

Возраст монацита по верхнему пересечению конкордии линией регрессии, рассчитанной по приведенным в табл. 4 данным, составляет $2027,9 \pm 6,5$ млн лет (рис. 9). Средневзвешенное значение возраста по изотопным отношениям $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ — $2031 \pm 1,8$ млн лет, которое и принимаем за возраст монацита.

Таким образом, материалы уран-свинцового изотопного датирования биотитовых гнейсов лейкогранулитовой форма-

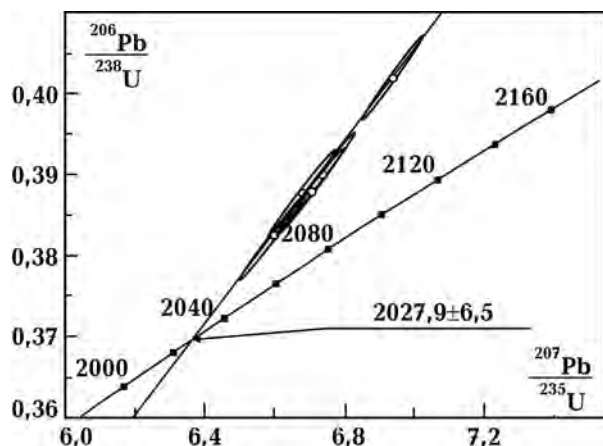


Рис. 9. U-Pb диаграмма с конкордией для монацита из калишпатизированного биотитового плагиогнейса лейкогранулитовой формации, проба СП-21-3, правый берег р. Южный Буг, напротив Гайворонского карьера.

ции Среднего Побужья по монацитам из плагиогнейсов, гнейсов и включенных в них гранитов дают четкие стабильные цифры возраста этих пород: от $2026,5 \pm 2,6$ млн лет до $2031,5 \pm 6,7$ млн лет.

Интересны также результаты радиогеохронологического изучения метасоматической кварц-гранат-двуполевошпато-

вой породы, распространенной в левом борту долины р. Южный Буг южнее с. Хащеватое (рис. 10). Она является, с одной стороны, составной частью "четырёхкомпонентного ритма нижней четырехкомпонентной толщи сальковской свиты" днестровско-бугской серии [Бобров и др., 2010], а с другой, примыкает к южному борту установленного Г.Г. Виноградовым Хащевато-Соломиевского разлома, о котором упоминалось выше.

Порода желтовато-серая, на участках, обогащенных гранатом, — красно-серая, полосчатая, сложенная (об. %): плагиоклазом 40—45, калиевым полевым шпатом 15—20, гранатом 15—20, кварцем около 10. Акцессорные минералы: циркон, апатит, монацит. Структура гранобластовая, текстура полосчатая.

Химический состав (вес. %): SiO_2 — 56,84; TiO_2 — 1,02; Al_2O_3 — 16,93; Fe_2O_3 — 2,17; FeO — 10,72; MnO — 0,18; MgO — 0,18; CaO — 3,74; Na_2O — 2,88; K_2O — 1,25; P_2O_5 — 0,02; S — менее 0,02; H_2O — 0,22; ППП — 0,36; сумма — 99,81.

Монацит представлен пампушковидными, до изометричных, зернами с округленными контурами и гладкой блестящей

Т а б л и ц а 4. Содержание урана, свинца и изотопный состав свинца в монацитах из биотитового плагиогнейса лейкогранулитовой формации, проба СП-21-6, правый берег р. Южный Буг, южнее Гайворонского карьера

Фракция монацита	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	$\frac{206\text{Pb}}{204\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{207\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{208\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$
1	2270	12688	30300	7,9637	0,065121	0,39021	6,7392	2124	2078	2032,4
2	2134	14013	31650	7,9631	0,056583	0,40200	6,9442	2178	2104	2032,8
3	2182	13633	19270	7,9688	0,057369	0,38736	6,6721	2111	2069	2027,8
4	3098	13139	25450	7,9624	0,087184	0,38758	6,6903	2112	2071	2031,6
5	2730	13915	9150	7,9095	0,070408	0,38228	6,5942	2087	2059	2030,3

Примечание. Поправка на обычный свинец введена по Стейси и Крамерсу на возраст 2030 млн лет; 1—2 — размерные фракции светло-желтых водяно-прозрачных кристаллов, 3—5 — размерные фракции буровато-желтых и медово-желтых полупрозрачных кристаллов.

поверхностью. Изредка отмечаются кристаллы с хорошо развитыми гранями пинакоида. В отдельных крупных кристаллах на поверхности присутствуют углубления и/или наросты — следы-отпечатки минералов-соседей.

По цвету различаются два типа кристаллов монацита: светло-розовые водяно-прозрачные, обычно мельче 0,05 мм, изредка до 0,1 мм и коричневые прозрачные. Коричневые кристаллы значительно крупнее (больше 0,1 мм), мельче 0,1 мм, как правило, светлее: светло-коричневые до бледно-коричневых.

Возраст определялся для светло-розовых водяно-прозрачных кристаллов. Результаты уран-свинцового изотопного датирования размерных мультизерновых навесок светло-желтых водяно-прозрачных кристаллов монацита приведены в табл. 5. Возраст монацита по верхнему пересечению конкордии линией регрессии составляет $1993,3 \pm 1,3$ млн лет (рис. 11), что очень хорошо согласуется с возрастным интервалом (2,04—1,90 млрд лет) структурно-метаморфических преобразований пород гранулитовой ассоциации Побужья.

Обсуждение. Важный с позиций тектонофизики вопрос относится к трактовке понятия "гранулит".

Исходя из определения, данного Ф. Тернером [Петрографический ..., 1963, с. 94], кварцево-полевошпатовые гранулиты характеризуются "правильной плоскостной сланцеватостью, которая определяется чередованием параллельных, сильно уплощенных, сплюснутых линз, состоящих из крупнокристаллического кварца и слоев тонкокристаллического кварца и полевого шпата". В этом смысле рассматриваемые в статье породы полностью подпадают под понятие "гранулиты" или "лейкогранулиты". Но на какой глубине и когда образовались эти лейкогранулиты, вопрос принципиальный, так как их часто ассоциируют с гранулитовой фацией регионального метаморфизма (650—1000 °С и $5—15 \cdot 10^8$ Па), связанной с глубинами 30 км и более. В тектонофизическом понимании формирование лейкогранулитов Побужья невозможно связывать с региональным метаморфизмом больших глубин.

1. Основными факторами регионально-го метаморфизма являются всестороннее давление и температура. Но при всестороннем давлении невозможны уплощение и сплющивание минералов. Это возможно только при одностороннем давлении (стрессе). Литостатическое давление уже на небольших глубинах переходит в гид-

Т а б л и ц а 5. Содержание урана, свинца и изотопный состав свинца в монацитах из кварц-гранат-двуполевошпатовой породы, проба SB-5-1

Фракция	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
0,1—0,07	2447	3000	11270	8,0834	0,25803	0,28293	4,7798	1606	1781	1993,3
0,07—0,05	3538	5889	14900	8,1031	0,25610	0,38202	6,4532	2086	2040	1993,2
0,05—0,04	4711	7513	14100	8,0972	0,24841	0,35736	6,0386	1970	1981	1993,7
более 0,04	4598	7653	15000	8,0978	0,24816	0,37217	6,2977	2040	2018	1996,2
менее 0,04	5059	9093	31950	8,1354	0,22753	0,37543	6,3477	2055	2025	1994,8

П р и м е ч а н и е. Поправка на обыкновенный свинец введена по Стейси и Крамерсу на возраст 1990 млн лет.



Рис. 10. Место отбора геохронометрической пробы кварц-гранат-двуполевошпатовой породы, левый борт долины р. Южный Буг, южнее с. Хашчеватое.

ростатическое, а тензор напряжений, измеряемый на многих континентах в скважинах до глубин около 3 км, характеризуется длинной осью, близкой к горизонтальной (обзор данных приведен в работе [Гинтов, 2005]). Поэтому представление о том, что уплощенная форма зерен кварца и полевого шпата возникла под влиянием литостатического давления и вначале была субгоризонтальной, а затем стала субвертикальной в результате складчатости, ошибочно.

2. В изученных нами породах лейкогранулитовой и гнейсо-аляскитовой формации уплощенная форма минералов и сланцеватость формируются не просто за счет нормального сжатия, а прежде всего в результате сдвиговых процессов. Это видно и макроскопически (по наличию милонитов, замерам элементов залегания и соотношению L- и R-сколов, структурам S или Z-подворота и др. [Гинтов, Исай, 1988]), и с помощью микроструктурного анализа, в первую очередь, изучения ориентации с-осей кварца [Шевчук и др., 2013]. Именно такие данные послужили материалом для тектонофизического картирования зон разломов в пределах УЩ. И многие из них совпали с участками развития пород лейкогранулитовой формации.

В обосновании выделения лейкогранулитовой формации Бугско-Днестровского региона В. П. Кирилюк во многих своих работах ссылается на то, что ее состав и соотношение с другими формациями Побужского комплекса детально изучены в построенных геологических разрезах. Но какова вера таким разрезам, если профили глубоких скважин на Побужье часто их опровергают [Гинтов и др., 2018]. Особенно это относится к "синклинально-ан-

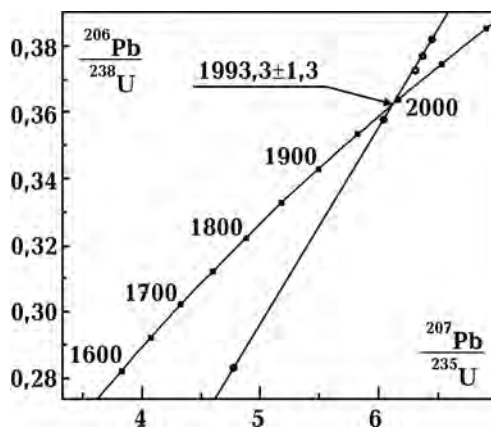


Рис. 11. U-Pb диаграмма с конкордией для монацита из кварц-гранат-двуполевошпатовой породы (метасоматита), проба SB-5-1, левый берег р. Южный Буг, южная окраина с. Хашчеватое.

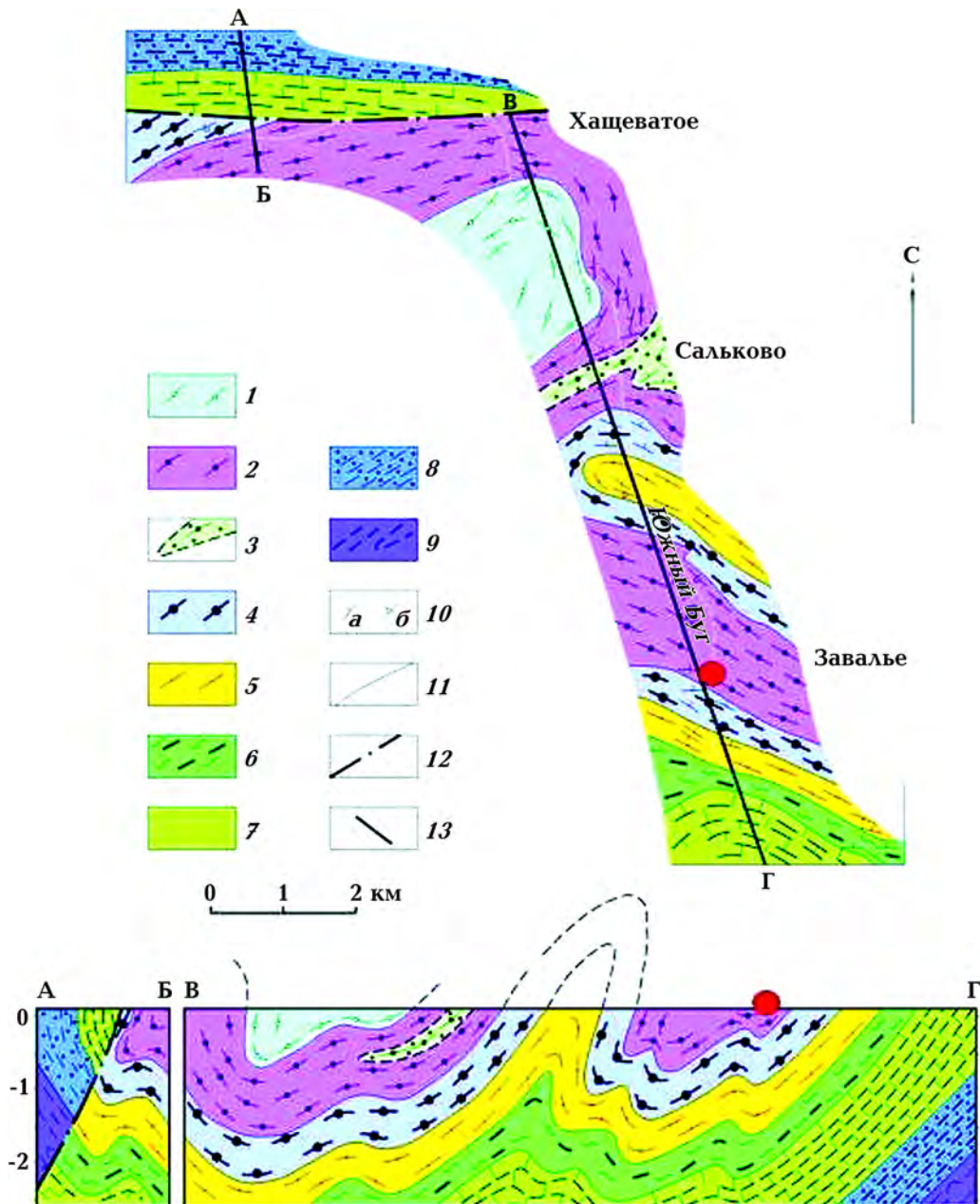


Рис. 12. Структурно-формационная карта и разрез долины р. Южный Буг в районе поселков Хашчеватое, Сальково, Завалье (Бандуровская синклинали), по В.П. Кирилюку [Бобров и др., 2010]: 1—5 — ритмично слоистая глиноземисто-базитовая (евлизитовая) формация (сальковская свита) (1 — верхняя четырехкомпонентная субформация; 2 — верхняя двухкомпонентная субформация; 3 — высокоглиноземисто-кварцитовая парагенерация в составе верхней двухкомпонентной субформации; 4 — нижняя четырехкомпонентная субформация; 5 — нижняя двухкомпонентная субформация); 6 — кондалитовая формация; 7 — мрамор-кальцифировая формация; 8 — формация высокоглиноземисто-кварцитовая; 9 — лейкогранулитовая формация (только в разрезе); 10 — залегание полосчатости нормальное (а) и опрокинутое (б); 11 — стратиграфические контакты формаций и субформаций; 12 — тектонический контакт; 13 — линии разрезом. Красный кружок — место отбора пробы, по циркону из которой определен изотопный возраст 3780 млн лет.

тиклинальному" (по ироничному выражению К. Ф. Тяпкина, "синтиклинальному") характеру таких разрезов, ибо тверда уверенность многих геологов в том, что субвертикальное положение раннеархейских комплексов обусловлено их складчатым строением.

Складчатости общего смятия раннедокембрийских гранулитовых комплексов УЩ, с точки зрения тектонофизиков, придается слишком большое значение, и вся стратиграфия раннего докембрия неразрывно связывается со складчатостью.

Однако в районах развития гранулитовых комплексов УЩ никто не видел, да и не мог видеть антиклинорий и синклинорий многокилометровых размеров. Все наблюдения ограничиваются фиксацией мелкой сжатой складчатости с размахом крыльев сантиметры—метры. Поэтому структурно-геологические построения при геологической съемке весьма гипотетичны и противоречивы. Так, Г. Г. Виноградов в большинстве случаев гранитизированные и мигматизированные породы ГШЗ обозначал антиклиналями, а гнейсы — синклиналиями. В дальнейшем, когда лейкогранулитовая формация в виде "зеленолевадовской толщи" стала считаться одним из верхних подразделений днестровско-бугской серии, все эти лейкократовые породы стали "синклиналиями".

Показательным можно считать хорошо обнаженный Хащевато-Завальевский участок Среднего Побужья. Вначале А. Я. Древин [Древин, 1967], а затем В. П. Кирилюк и А. А. Сиворонов [Лазько и др., 1975], исходя в основном из стратиграфических соображений (по структурным данным это сделать невозможно, так как полосчатость пород субвертикальна и ее природа, как в свое время считал О. И. Слензак [Слензак, 1965] и как было показано выше, вряд ли имеет первичноосадочное происхождение), выделили здесь Хащевато-Завальевский (Бандуровский) синклинорий с размахом крыльев около 14 км [Кирилюк, 1982, 2015а—в, 2016]. В ядре синклинория, по В. П. Кирилюку (рис. 12), располагаются наиболее молодые отложения днестровско-

бугской серии (или побужского стратиграфического комплекса, по [Кирилюк, 2017]), которые в работе [Лазько и др., 1975] были объединены в глиноземисто-базитовую (эвлизитовую) формацию — сальковскую свиту. Их подстилают (сверху вниз) породы кондалитовой и мрамор-кальцифировой формаций хащевато-завальевской свиты, высокоглиноземисто-кварцевой формации кошаро-александровской свиты, лейкогранулитовой формации зеленолевадовской свиты.

Ниже, по представлениям В. П. Кирилюка, должны залегать (на разрезе не показаны) породы эндрбито-гнейсовой тывровской свиты и кинцигитовой березнинской свиты.

Позже оказалось (изотопно-геохимические данные), что возраст пород сальковской свиты около 3,65 [Щербак и др., 2005] и даже 3,78 [Бибикова, 2004] млрд лет, т. е. хащевато-завальевская и кошаро-александровская свиты должны быть старше 3,7 млрд лет, а возраст зеленолевадовской, тывровской и березнинской свит вообще "переваливает" за 4 млрд лет.

В итоге гораздо легче поверить в недовершенство построенного геологического разреза Хащевато-Завальевского района, чем в сомнительность многочисленных радиоизотопных определений возраста пород "сальковской" свиты и подстилающих ее образований [Бибикова, 2004; Щербак и др., 2005, 2008; Бобров и др., 2010; Лобач-Жученко и др., 2013, 2014, 2017а, б; Пономаренко и др., 2014; Степанюк, 2000; Степанюк и др., 2017 и др.]. Тем более что многие геологи-съемщики (Г. Г. Виноградов, Р. М. Довгань, В. В. Кислюк, В. Н. Павлюк, В. В. Зюльцле и др.), изучавшие этот район, всегда выделяли здесь кошаро-александровскую и хащевато-завальевскую свиты и никогда — сальковскую. На месте последней на всех съемочных геологических картах показывается чарнокит-эндрбитовый или эндрбито-гнейсовый (что то же самое) ультраметаморфический гайворонский комплекс.

Все это показывает, что выполнять структурные построения в районах развития ка-

тархейских комплексов на основе стратиграфических взглядов неверно, как и неверно строить стратиграфию раннего архея, только исходя из законов регионального метаморфизма и не учитывая многие другие явления.

Выводы. 1. Обсуждаемая в статье лейкогранулитовая формация Побужья — не что иное, как породы, относимые к формационно-генетическому ряду кварц-полевошпатовых метасоматитов, в частности к структурно-формационной ассоциации *метасоматитов зон региональных разломов* [Геологический ..., Т. 2, 1973, с. 373]. Они ни на чем не лежат и ничто не подстилают, а круто, в большинстве случаев, пересекают архейские и раннепротерозойские породы кристаллического фундамента.

2. Цифры изотопного возраста $2026,5 \pm 2,6$ млн лет — $2031,5 \pm 6,7$ млн лет отражают время диафтореза пород гранулитового фундамента — образования биотитовых, гранат-биотитовых гранитогнейсов в результате деформации и синкинематической калишпатизации пород в зонах разломов, превращения их в лейкогранулитовую и гнейсово-аляскитовую формации. И это действительный возраст пород лейкогранулитовой формации, так как ранее на этом месте находились другие, более древние породы, возможно даже кварц-полевошпатовые гранулиты, но не лейкогранулиты.

3. Этот процесс произошел на Среднем Побужье несколько позже (на 10—30 млн лет) формирования части гранитоидов уманского и гайсинского комплексов, синхронно большинству гранитоидов кировоградского и новоукраинского комплексов, но на столько же раньше процессов мощной активизации, прошедших 1950—2000 млн лет назад. Другими словами, формирование лейкогранулитов можно отнести к самостоятельному этапу активизации уже существовавших крупных зон разломов — Первомайской, Тальновской, Емиловской, Врадиевской, Немировской, Ободовской, Летичевской и других — и образования новых разломов высшего порядка

или зон скалывания соответствующего возраста.

4. Лейкогранулитовая формация и соответствующая ей "зеленолевадовская толща" не являются стратифицируемым подразделением, и ее необходимо изъять из хроностратиграфической схемы раннего докембрия УЩ.

5. Нет также необходимости включать в хроностратиграфическую схему нижнего архея так называемую "сальковскую свиту" из-за больших сомнений в объективности ее выделения в Хашчевато-Завальевском районе Среднего Побужья.

6. Возрастная последовательность формирования земной коры УЩ в катархее вообще должна изучаться не столько на стратиграфической основе (принципе последовательности напластования), сколько на фактических петроструктурных, микроструктурных, петрохимических, в том числе радиоизотопных и геофизических данных. Сложные и бурные тектоно-магматические и структурно-метаморфические процессы, сопровождавшие рождение, в первую очередь выплавление, континентальной коры из горячих земных недр, не позволяют проводить аналогию между эо-катархеем и более молодыми периодами ее развития, в которых последовательность отложения осадочных и вулканических пород может быть восстановлена более-менее точно. Первичная континентальная кора формировалась, по представлениям большинства современных геохимиков и геофизиков, в условиях турбулентности — частого поднятия плюмов и мелкочешистой конвекции, а также метеоритной бомбардировки земной поверхности. Кроме того, многократная структурно-метаморфическая переработка пород, завершившаяся в Бугско-Днестровском регионе 1,95 млрд лет тому назад, еще больше усложнила уже до того неоднозначные соотношения между различными геологическими образованиями. Поэтому восстановление последовательности напластования вулканогенно-осадочных толщ сопряжено здесь с большими ошибками.

7. Поскольку речь идет о геологических

комплексах, начавших формироваться в катархее, авторы сознательно не затрагивали в данной статье вопросов геодинамического (в том числе плитотектонического) развития земной коры УЩ, которые по некоторым данным уже работали в конце неоархея—раннем протерозое [Пономаренко и др., 2014; Гинтов, 2017]. Но если признать значительную роль таких геодинамических процессов в формировании земной коры УЩ, как субдукция, обдукция, спрединг, коллизия и т. д., то эти процессы могли повлиять на переработку катархейских комплексов не меньше, чем перечисленные выше.

Более того, новая геодинамическая парадигма вообще входит в противоречие со стремлением некоторых геологов проводить временную корреляцию между формированием однотипных геологических

комплексов удаленных регионов, особенно разных материков. Процессы формирования таких комплексов могли быть сходными, но время их протекания — разным, так как литосферные плиты Земли, тем более микроплиты в докембрии, образовались не одновременно. И наоборот, благодаря мелкочечистой конвекции и густой сети плюмов в одно и то же время на довольно локальных пространствах в архейской земной коре могли существовать совершенно разные температурные режимы, поэтому условия регионального метаморфизма даже в соседних мегаблоках могли достаточно сильно различаться. В связи с этим раннедокембрийские подразделения коры мегаблоков УЩ могут унифицироваться только при наличии достоверных фактов, а не предположений.

Список литературы

- Бобров А.Б., Кирилюк В.П., Гошовский С.В., Степанюк Л.М., Гурский Д.С., Лысак А.М., Сиворонов А.А., Безвинный В.П., Зюльцле В.В., Приходько В.Л., Шпильчак В.А. Гранулитовые структурно-формационные комплексы Украинского щита — Европейский эталон. *Путеводитель геологических экскурсий Международной научно-практической конференции "Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы", 31 мая — 4 июня 2010 года*. Киев, 2010. 160 с.
- Геологический словарь. Т. 2. Москва: Недра, 1973. 476 с.
- Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применения при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 572 с.
- Гинтов О.Б. Временная последовательность процессов геодинамического развития территории Украины от эоархея до антропогена. *Геофиз. журн.* 2017. Т. 39. № 1. С. 17—40.
- Гинтов О.Б., Исай В.М. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. Киев: Наук. думка, 1988. 228 с.
- Гинтов О.Б., Ентин В.А., Мычак С.В., Павлюк В.Н., Гуськов С.И. Уникальные базит-метабазитовые структуры Побужского горнорудного района, их геологическое значение и перспективы рудоносности (по геофизическим и геологическим данным). *Геофиз. журн.* 2018. Т. 40. № 3. С. 3—28.
- Гинтов О.Б., Ентин В.А., Мычак С.В., Павлюк В.Н., Зюльцле В.В. Структурно-петрофизическая и тектонофизическая основа геологической карты кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2016. Т. 38. № 3. С. 3—28.
- Гинтов О.Б., Мычак С.В. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. 1. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 3. С. 102—118.

- Гінтов О.Б., Шевчук В.В. Структурованість Українського щита та особливості ранньодокембрійського розломоутворення на прикладі Голованівської шовної зони. Київ: ТОВ "НВП Інтерсервіс", 2017. 162 с.
- Древин А.Я. Опыт изучения докембрия Среднего Побужья на основе литолого-структурного метода. В кн.: *Проблемы осадочной геологии докембрия*. Вып. 2. Москва: Недра, 1967. С. 88—96.
- Карта геологических формаций докембрия Украинского щита. Масштаб 1 : 500 000. Объяснительная записка. Сост. В.П. Кирилюк, В.Д. Колий, В.И. Лашманов. Киев: ЦТЭ, 1991. 116 с.
- Кирилюк В.П. Відкритий лист членам Бюро Національного стратиграфічного комітету України та геологам-докембристам. *Геол. журн.* 2017. № 4. С. 88—99.
- Кирилюк В.П. Стратиграфия докембрия западной части Украинского щита (на формационной основе). Статья 1. Стратиграфические комплексы докембрия и формации раннего архея. *Геол. журн.* 1982. № 3. С. 88—102.
- Кирилюк В.П. Ще раз про проблеми стратиграфії побузького гранулітового комплексу (з нагоди складання нової регіональної стратиграфічної схеми нижнього докембрію Українського щита). Стаття 1. Загальні відомості й поділ побузького стратиграфічного комплексу на світі. *Зб. наук. праць УкрДГРІ.* 2015а. № 2. С. 125—140.
- Кирилюк В.П. Ще раз про проблеми стратиграфії побузького гранулітового комплексу (з нагоди складання нової регіональної стратиграфічної схеми нижнього докембрію Українського щита). Стаття 2. Співвідношення світ побузького стратиграфічного комплексу. *Зб. наук. праць УкрДГРІ.* 2015б. № 3. С. 147—168.
- Кирилюк В.П. Ще раз про проблеми стратиграфії побузького гранулітового комплексу (з нагоди складання нової регіональної стратиграфічної схеми нижнього докембрію Українського щита). Стаття 3. Обсяг побузького стратиграфічного комплексу та проблема його серій. *Зб. наук. праць УкрДГРІ.* 2015в. № 4. С. 133—143.
- Кирилюк В.П. Ще раз про проблеми стратиграфії побузького гранулітового комплексу (з нагоди складання нової регіональної стратиграфічної схеми нижнього докембрію Українського щита). Стаття 4. Місце побузького стратиграфічного комплексу в загальній геохронологічній шкалі докембрію. *Зб. наук. праць УкрДГРІ.* 2016. № 1. С. 90—108.
- Лазько Е.М., Кирилюк В.П., Лысак А.М., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. Стратиграфическая схема нижнего докембрия Украинского щита (на формационной основе). *Геол. журн.* 1986. Т. 46. № 2. С. 18—26.
- Лазько Е.М., Кирилюк В.П., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. Нижний докембрий западной части Украинского щита. Львов: Высшая школа, 1975. 239 с.
- Лобач-Жученко С.Б., Балаганский В.В., Балтыбаев Ш.К., Степанюк Л.М., Пономаренко А.Н., Лохов К.И., Корешкова М.Ю., Юрченко А.В., Егорова Ю.С., Сукач В.В., Бережная Н.Г., Богомоллов Е.С. Этапы формирования побужского гранулитового комплекса: новые структурно-петрологические и изотопно-геохронологические данные (Среднее Побужье, Украинский щит). *Минерал. журн.* 2013. Т. 35. № 4. С. 87—99.
- Лобач-Жученко С.Б., Балаганский В.В., Балтыбаев Ш.К., Артеменко Г.В., Богомоллов Е.С., Юрченко А.В., Степанюк, Л.М. Сукач В.В. Метаморфизованные осадочные породы днепровско-бугской серии палеоархея Украинского щита: состав, возраст, источники. *Литология и полезные ископаемые.* 2014. № 5. С. 406—423.
- Лобач-Жученко С.Б., Балаганский В.В., Ко-

- решкова М.Ю., Лохов К.И., Балтыбаев Ш.К., Степанюк Л.М., Егорова Ю.С., Сергеев С.А., Капитонов И.Н., Галанкина, О.Л., Богомолов Е.С., Бережная Н.Г., Сукач В.В. Палеоархейские ортопироксениты Побужской гранулитогнейсовой области Украинского щита. *Докл. АН.* 2017а. Т. 474. № 6. С. 731—736. doi: 10.7868/S0869565217180165.
- Лобач-Жученко С.Б., Балтыбаев Ш.К., Глебовицкий В.А., Сергеев С.А., Лохов К.И., Егорова Ю.С., Балаганский В.В., Скублов С.Г., Галанкина О.Л., Степанюк Л.М. U-Pb-Shrimp-II-возраст и происхождение циркона из зерцолита Побужского палеоархейского комплекса (Украинский щит). *Докл. АН.* 2017б. Т. 477. № 5. С. 567—571.
- Петрографический словарь. Ред. Г.Д. Афанасьев, В.П. Петров, Е.К. Устиев. Ленинград: Госгеолтехиздат, 1963. 446 с.
- Пономаренко А.Н., Степанюк Л.М., Шумлянский Л.В. Геохронология и геодинамика палеопротерозоя Украинского щита. *Минерал. журн.* 2014. Т. 36. № 2. С. 48—61.
- Слензак О.І. Про структуру українського докембрію (на прикладі південно-західної частини Українського кристалічного щита). Киев: Наук. думка, 1965. 139 с.
- Степанюк Л.М. Метасоматична природа біотитових та біотит-гранатових гнейсів Середнього Побужжя. *Доп. НАН України.* 1997. № 1. С. 133—136.
- Степанюк Л.М. Геохронологія докембрію західної частини Українського щита (архей—палеопротерозой): Дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2000. 290 с.
- Степанюк Л.М. Проблеми стратиграфії та геохронології Українського щита. *Мінерал. журн.* 2018. Т. 40. № 1. С. 16—31. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.01.016>.
- Степанюк Л.М., Довбуш Т.І., Курило С.І., Зюльде О.В., Яськевич Т.Б. Уран-свинцевий вік монацитів біотитових гнейсів Середнього Побужжя Українського щита. *Мінерал. журн.* 2017. Т. 39. № 2. С. 46—56. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.02.046>.
- Шевчук В.В. Соотношение протерозойского автохтонного гранитообразования и деформационных процессов в пределах Тальновской зоны разломов (Украинский щит). *Вісник Київ. ун-ту. Сер. Геологія.* 2012. Вип. 56. С. 5—7.
- Шевчук В.В., Лавренюк М.В., Кравченко Д.В. Основи структурного аналізу. Київ: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2013. 287 с.
- Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. Киев: Наук. думка, 2005. 243 с.
- Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянский Л.В. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наук. думка, 2008. 237 с.
- Ярошук Э.А. Возрастные фазы разломов в докембрии Нижнего и Среднего Побужья. В кн.: *Актуальные вопросы современной геохронологии.* Москва: Наука, 1976. С. 62—81.
- Ярошук М.А., Ярошук Э.А. Диафориты юго-западной окраины Украинского щита и их рудоносность. *Геология рудных месторождений.* 1989. Т. XXXI. № 3. С. 74—81.

On the so-called "leucogranulite formation" and "greenlevada suite" of Early Precambrian of the Ukrainian Shield

A. N. Ponomarenko, O. B. Gintov, L. M. Stepanyuk, 2018

It has been shown using as an example the geological structure of the Precambrian basement of the Middle Bug area (the Ukrainian Shield) that the chronostratigraphic scheme of the Lower Archean needs to be modified, in particular, greenlevada suite of the Dniester-Bug series represented by supercrustal leucogranulite rock formation should be included. It has been found that leucogranulite formation of the Bug area are rocks (granitized biotite and garnet-biotite gneisses) which belong to formation-genetic type of quartz-feldspar metasomatites, particularly, to structural-formational association of metasomatites from regional fault zones. According to the data of geological, geochemical, tectonophysical, radioisotopic studies of the similar rocks in the exposures of the middle stream of the river South Bug, it has been proved that they were formed around 2.03 Ga ago as a result of diaforesis of rocks of the Archean basement and their granulitic appearance as well as subvertical occurrence are related to dynamometamorphic including shear processes. Methodic problems of the studies of the age relations of the Catarchean rock complexes are under discussion. The well-known geological cross-section of Khoshchuvato-Zavalye site of the Middle Bug area has been considered and it has been shown that the stratigraphic method based on the principle of sequence of stratifying of supercrustal rocks is impossible to be effectively used in such complexes because of their strong tectonic and intrusive-metasomatic reprocessing, practical impossibility of their initial bedding to be found. The best way under these conditions is to be supported by more objective petrostructural, microstructural, petrochemical, including radioisotopic and geophysical data.

Key words: the Ukrainian Shield, Middle Bug area, Lower Archean, Proterozoic, leucogranulites, metasomatites, fault zones, tectonophysics, radiogeochronology, stratigraphy.

References

- Bobrov, A. B., Kirilyuk, V. P., Goshovsky, S. V., Stepaniuk, L. M., Gursky, D. S., Lysak, A. M. ... Shpylchak V. (2010). *Granulite structural and formation complexes of the Ukrainian Shield — European standard. Guide to geological excursions of the International Scientific and Practical Conference "Stratigraphy, geochronology and correlation of the Lower Precambrian rock complexes of the foundation of the East European Platform"*, Kiev, May 31 — June 4, 2010 (in Russian).
- Geological dictionary.* (1973). Moscow: Nedra, Vol. 2 (in Russian).
- Gintov, O. B. (2005). *Field tectonophysics and its applications for the study of deformations of the Earth's crust of Ukraine.* Kiev: Phoenix (in Russian).
- Gintov, O. B. (2017). Temporal sequence of geodynamic development in the territory of Ukraine from the Eoarchean to Anthropogen. *Geofizicheskiy zhurnal*, 39(1), 17—40. doi: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i1.2017.94009> (in Russian).
- Gintov, O. B., & Isay, V. M. (1988). Tectonophysical studies of faults in the consolidated crust. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Gintov, O. B., Entin, V. A., Mychak, S. V., Pavlyuk, V. N., & Guskov, S. I. (2018). Unique basite-metabasite structures of the Pobuzhsky ore mining region, their geological significance and ore-bearing prospects (by geophysical and geological data). *Geofizicheskiy zhurnal*, 40(3), 3—28. doi: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i3.2018.137170> (in Russian).

- Gintov, O. B., Entin, V. A., Muchak, S. V., Pavlyuk, V. N., & Zyuultse, V. V. (2016). Structural-petrophysical and tectonophysical base of geological map of crystalline basement of the central part of Golovanevsk suture zone of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal*, 38(3), 3—28. doi: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777> (in Russian).
- Gintov, O. B., & Mychak, S. V. (2011). Geodynamic development of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield for geological-geophysical and tectonophysical data. I. *Geofizicheskiy zhurnal*, 33(3), 102—118. doi: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116932> (in Russian).
- Gintov, O. B., & Shevchuk, V. V. (2017). *Structuredness of the Ukrainian Shield and features of Early Precambrian faulting on the example of the Golovanevsk suture zone*. Kiev: LLC "NPP Interservis" (in Ukrainian).
- Drevin, A. Ya. (1967). Experience of the Precambrian study of the Middle Bug River on the basis of the lithological-structural method. In: *Problems of Precambrian Precipitation Geology* (is. 2, pp. 88—96). Moscow: Nedra (in Russian).
- Map of the geological formations of the Precambrian of the Ukrainian Shield*. (1991). Scale 1 : 500 000. Explanatory letter. Compilers V. P. Kirilyuk, V. D. Koliy, V. I. Lashmanov. Kiev: TCE (in Russian).
- Kirilyuk, V. P. (2017). A list of members of the Bureau of the National Stratigraphic Committee of Ukraine for geologists-Precambrists. *Geologicheskii zhurnal*, (4), 88—99 (in Russian).
- Kirilluk, V. P. (1982). Stratigraphy of the Precambrian of the western part of the Ukrainian Shield (on a formational basis). Article 1. Stratigraphic complexes of the Precambrian and Formations of the Early Archean. *Geologicheskii zhurnal*, (3), 88—102 (in Russian).
- Kirilluk, V. P. (2015a). Once again about the problems of stratigraphy of the Volga granulite complex (on the occasion of the adoption of a new regional stratigraphic scheme of the Lower Precambrian of the Ukrainian Shield). Article 1. General information and division of the Pobuzhsky stratigraphic complex into retinues. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*, (2), 125—140 (in Ukrainian).
- Kirilluk, V. P. (2015b). Once again about the problems of stratigraphy of the Volga granulite complex (on the occasion of the adoption of a new regional stratigraphic scheme of the Lower Precambrian of the Ukrainian Shield). Article 2. The ratio suites Pobuzhsky stratigraphic complex. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*, (3), 147—168 (in Ukrainian).
- Kirilluk, V. P. (2015c). Once again about the problems of stratigraphy of the Volga granulite complex (on the occasion of the adoption of a new regional stratigraphic scheme of the Lower Precambrian of the Ukrainian Shield). Article 3. The volume of the Pobuzhsky stratigraphic complex and the problem of its series. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*, (4), 133—143 (in Ukrainian).
- Kirilluk, V. P. (2016). Once again about the problems of stratigraphy of the Volga granulite complex (on the occasion of the adoption of a new regional stratigraphic scheme of the Lower Precambrian of the Ukrainian Shield). Article 4. The location of the Pobuzhsky stratigraphic complex in the general geochronological scale of the Precambrian. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*, (1), 90—108 (in Ukrainian).
- Lazko, E. M., Kirilyuk, V. P., Lysak, A. M., Sivoronov, A. A., & Yatsenko, G. M. (1986). Stratigraphic scheme of the Lower Precambrian of the Ukrainian Shield (on a formational basis). *Geologicheskii zhurnal*, 46(2), 18—26 (in Russian).
- Lazko, E. M., Kirilyuk, V. P., Sivoronov, A. A., & Yatsenko, G. M. (1975). *The Lower Precambrian of the Western Part of the Ukrainian Shield*. Lviv: Vysshaya shkola (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S. B., Balaganskiy, V. V., Baltybaev, Sh. K., Stepanyuk, L. M., Ponomarenko, A. N., Lokhov, K. I., ... Bogomolov E. S. (2013). Stages of Formation of the Bug Area Granulite Complex by the Data of Isotopic-Geochronological Investigations (the Middle Bug Area, the Ukrainian Shield). *Mineralohichnyy zhurnal*, 35(4), 87—99 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S. B., Balagansky, V. V., Baltybaev, S. K., Artemenko, G. V., Bogomolov, E. S.,

- Yurchenko, A. V., ... Sukach V. V. (2014). Metasedimentary rocks of the Paleoproterozoic Dniester-Bug group of the Ukrainian Shield: composition, age, sources. *Litologiya i poleznye iskopyayemye*, (5), 406—423 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S. B., Balaganskiy, V. V., Korshkova, M. Yu., Lokhov, K. I., Baltybaev, Sh. K., Stepanyuk, L. M., ... Sukach V. V. (2017a). Paleoproterozoic orthopyroxenites of the Pobuzh granulite-gneiss region of the Ukrainian Shield. *Doklady AN*, 474 (6), 731—736. doi: 10.7868/S0869565217180165 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S. B., Baltybaev, Sh. K., Glebovitsky, V. A., Sergeev, S. A., Lokhov, K. O., Egorova, Yu. S., ... Stepanyuk L. M. (2017b). U-Pb SHRIMP II Age and Origin of Zircon from Lherzolite of the Bug Paleoproterozoic Complex, Ukrainian Shield. *Doklady AN*, 477 (2), 567—571. doi: 10.7868/S0869565217350134 (in Russian).
- Afanasiev, G. D., Petrov, V. P., & Ustiev, E. K. (Eds). (1963). *Petrographic Dictionary*. Leningrad: Gosgeoltekhizdat (in Russian).
- Ponomarenko, A. N., Stepaniuk, L. M., & Shumlyanskiy, L. V. (2014). Geochronology and geodynamics of the Paleoproterozoic of the Ukrainian Shield. *Mineralohichnyy zhurnal*, 36 (2), 48—61 (in Russian).
- Slenzak, O. I. (1965). *About the structure of the Ukrainian Precambrian (on the example of the southwestern part of the Ukrainian crystalline shield)*. Kiev: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L. N. (1997). Metasomatic nature of biotite and biotite-garnet gneisses of Middle Bug River. *Dopovidi NAN Ukrainy*, (1), 133—136 (in Ukrainian).
- Stepaniuk, L. N. (2000). *Geochronology of the Precambrian of the Western Part of the Ukrainian Shield (Archaean-Paleoproterozoic)*: PhD dissertation. Kiev (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L. N. (2018). Problems of stratigraphy and geochronology of the Ukrainian Shield. *Mineralohichnyy zhurnal*, 40 (1), 16—31 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.01.016>.
- Stepanyuk, L. M., Dovbush, T. I., Kurilo, S. I., Zyuysle, O. V., & Yaskevich, T. B. (2017). Uranium-lead age of the monazites from biotitic gneisses of the Middle Bug area of the Ukrainian Shield. *Mineralohichnyy zhurnal*, 39 (2), 46—56. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.02.046> (in Ukrainian).
- Shevchuk, V. V. (2012). Interrelations between autochthonous Proterozoic granite formation and deformation processes in Talniv fault zone (Ukrainian Shield). *Visnyk Kyivskoho universytetu. Ser. Heolohiya*, (56), 5—7 (in Russian).
- Shevchuk, V. V., Lavrenyuk, M. V., & Kravchenko, D. V. (2013). *Foundations of structural analysis*. Kiev: Publishing and Printing Center "Kiev University" (in Ukrainian).
- Shcherbak, N. P., Artemenko, G. V., Lesnaya, I. M., & Ponomarenko, A. N. (2005). Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Archaean. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Shcherbak, N. P., Artemenko, G. V., Lesnaya, I. M., Ponomarenko, A. N., & Shumlyanskiy, L. V. (2008). Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Proterozoic. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Yaroshchuk, E. A. (1976). Age phases of faults in the Precambrian of the Lower and Middle Bug River. In: *Actual questions of modern geochronology* (pp. 62—81). Moscow: Nauka (in Russian).
- Yaroshchuk, M. A., & Yaroshchuk, E. A. (1989). Diafluorites of the southwestern margin of the Ukrainian Shield and their ore content. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, XXXI (3), 74—81 (in Russian).