

## **Схема периодизации этапов разломообразования в земной коре Украинского щита — новые данные и следствия**

© *О. Б. Гинтов, 2014*

Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 18 июня 2013 г.

*Представлено членом редколлегии В. И. Старостенко*

На основі результатів петрологічного вивчення і реперних ізотопно-геохронологічних визначень віку докембрійських гірських порід Українського щита (УЩ), опублікованих в останні роки, складено точнішу геохронологічну шкалу етапів деформації (розломоутворення) земної кори цього регіону. Показано, що шовні зони УЩ — Голованівська, Інгулецько-Криворізька і Оріхово-Павлоградська — формувались у ранньому протерозої практично синхронно. Ці дані дали змогу уточнити схему і механізм геодинамічного розвитку центральної та східної частин щита у ранньому докембрії. Плітотектонічний механізм формування структури літосферної частини УЩ був забезпечений дією двох конвективних комірок (або плюмів) — регіональної та пульсуючої локальної.

Ключові слова: геохронологія, деформації, розломоутворення, геодинаміка.

## **Scheme of periodization of faulting stages in the Earth's crust of the Ukrainian shield — new data and sequences**

© *О. В. Gintov, 2014*

On the basis of petrological study and reference isotopic geochronological age determinations of Precambrian rocks of the Ukrainian shield (USh), published lately, a refined geochronological scale of stages of deformation (faulting) of the Earth's crust in this region has been made up. It is shown that the suture zones of the USh — Golovanevsk, Ingulets-Krivoy Rog and Orekhov-Pavlograd — were simultaneously formed in the Early Proterozoic. These data allowed us to clarify the scheme and the mechanism of geodynamic evolution of the central and eastern parts of the shield in the Early Precambrian. Plate tectonic mechanism of formation of the lithosphere structure of this part of the USh was provided with the action of two convection cells (or plumes) — regional and pulsating local ones.

Key words: geochronology, deformations, faulting, geodynamics.

Последовательность и возраст этапов разломообразования, учитывая, что зоны разломов Украинского щита (УЩ) являются в широком смысле зонами сдвига, играют важную роль при изучении геодинамических процес-

сов в докембрии. Наиболее полная схема периодизации этапов и фаз разломообразования была опубликована в 2005 г. [Гинтов, 2005]. После этого появились новые геолого-геофизические, в том числе тектонофизические, дан-

ные, которые требуют определенного пересмотра прежних представлений о хронологической последовательности этапов деформации земной коры УЩ. В первую очередь это связано с пересмотром представлений о геохронологии раннего докембрия региона.

По материалам тектонофизического изучения разломов консолидированной коры [Гинтов, Исай, 1988; Гинтов, 2005] удается проследить последовательность деформационных процессов по взаимоотношению сколов, зон скалывания и складчатости в местах сочленения или пересечения зон разломов. Эти наблюдения достаточно точны и не требуют пересмотра, за исключением отдельных случаев, когда изучение было малодетальным. Однако возраст деформационных процессов определяется главным образом на основании геологических данных: определений радиоизотопного возраста деформируемых горных пород, жил, даек и других внутриразломных образований. Эти данные в конечном итоге находят отражение в "корреляционных стратиграфических" или "корреляционных хроностратиграфических" схемах УЩ<sup>1</sup>, хотя, с точки зрения автора, слово "стратиграфия" для раннего докембрия лучше не использовать во избежание грубых ошибок в интерпретации структурных и текстурных особенностей горных пород.

В последнее десятилетие институтами НАН Украины и УкрНИГРИ выполнен большой объем изотопно-геохимических, структурно-формационных и геофизических исследований на новой методологической основе.

Изотопно-геохимическое изучение возраста горных пород проводилось в лабораториях Института геохимии, минералогии и рудообразования (ИГМР) НАН Украины, Швеции, Германии, Австралии, России [Щербак и др., 2005, 2008; Бобров и др., 2010; Митрохин, 2011; Шестопалова и др., 2013; Шумлянський, 2012] с помощью новых модификаций уран-свинцового метода исследования цирконов и отчасти монацита и бадделеита, а также рубидий-стронциевого и самарий-неодимового методов.

Геохронологическая шкала докембрия УЩ была приведена в соответствие с Международной шкалой геологического времени [Щербак и др., 2008]. Шкала подразделяет архей на три

эры — палео-, мезо- и неоархей, рубежи между которыми 3,2 и 2,8 млрд лет; рубеж между археем и протерозоем 2,5 млрд лет. Последний также подразделяется на три эры — палео-, мезо- и неопротерозой с рубежами между ними 1,6 и 1,0 млрд лет.

Еще раз подчеркнуто важное для УЩ разделение палеопротерозоя на две системы: PR<sub>1</sub>-I (криворожий) и PR<sub>1</sub>-II (клевский) с рубежом между ними 2,0—2,05 млрд лет [Щербак и др., 2008].

Специалистами ИГМР, УкрНИГРИ, Львовского национального университета и Государственной геологической службы Министерства охраны окружающей среды Украины выделены и детально закартированы архейские и раннепротерозойские структурно-формационные комплексы (СФК) УЩ.

Сотрудниками Института геофизики НАН Украины изучено глубинное строение литосферы УЩ и совместно с РГП "Північгеологія" построена геофизическая основа Тектонической карты Украины м-ба 1 : 1 000 000 [Старостенко и др., 2002, 2007; Ентин, 2005; Створення ..., 2006; Гинтов, Пашкевич, 2010]. Построенная в те годы схема разломно-блоковой (семи-блоковой) структуры щита остается неизменной продолжительное время. Кроме того, совместно с учеными Лундского университета (Швеция) и Московского государственного университета изучены раннепротерозойские дайковые комплексы УЩ [Bogdanova et al., 2012], что позволило уточнить геохронологическую последовательность деформаций УЩ на отрезке 1,8—1,7 млрд лет назад.

На основании всех перечисленных исследований можно сделать вывод, что архейские СФК УЩ полностью выходят на земную поверхность (или под мезо-кайнозойский чехол) только в Среднеприднепровском мегаблоке и в западной части Приазовского мегаблока. В пределах Подольского, Бутского и Росинско-Тикичского мегаблоков, а также в Голованевской и Ингулецко-Криворожской шовных зонах Ингульского мегаблока они наблюдаются в виде выступов или мелких тел среди палеопротерозойских комплексов, занимающих основную площадь мегаблоков. В Вольнском, центральной части Ингульского и восточной части Приазовского мегаблоков архейские СФК вообще не известны.

На рис. 1 показана схема районирования УЩ по возрасту последней площадной гранитизации (кратонизации) земной коры, типу и возрасту суперкрупных гранитизируе-

<sup>1</sup> При периодизации процессов разломообразования в 2005 г. была использована Корреляционная хроностратиграфическая схема раннего докембрия УЩ 2004 г. [Кореляційна ..., 2004].

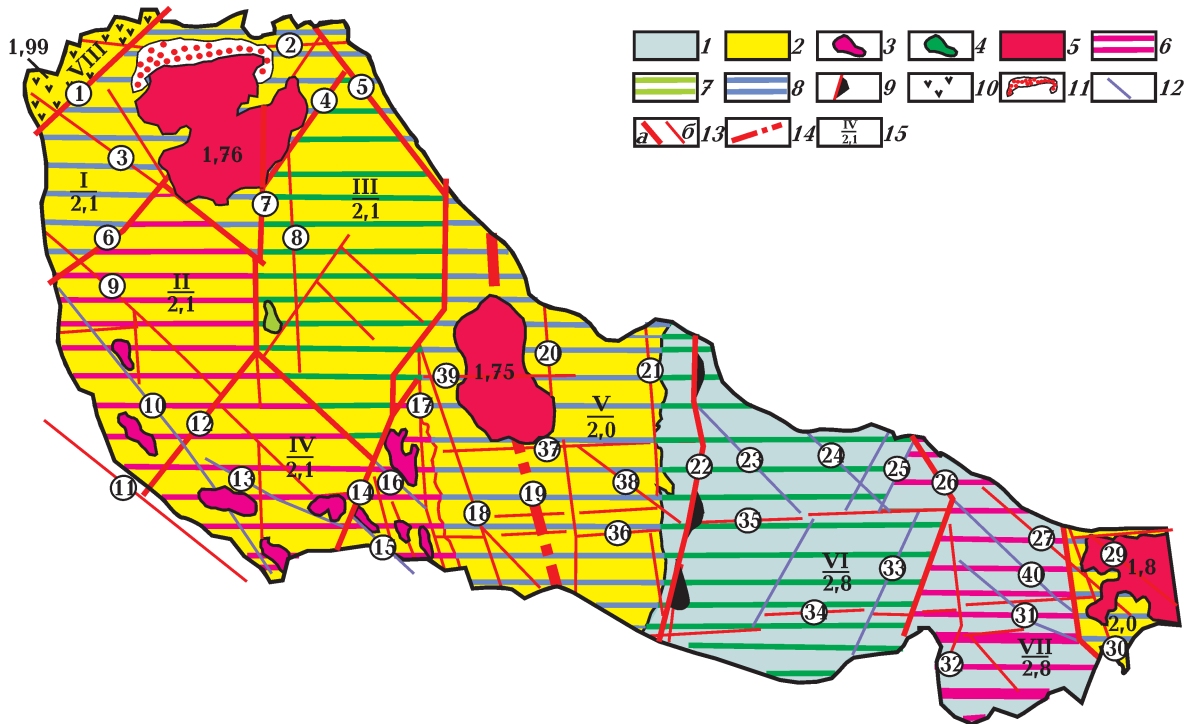


Рис. 1. Разломно-блоковая структура УЦ и районирование мегаблоков по времени последней кратонизации, типу формационных комплексов и возрасту процессов разломообразования. Схема составлена на основе карт из работ [Щербак и др., 2005, 2008; Гинтов, Пашкевич, 2010; Бобров и др., 2010]: 1—5 — время последней кратонизации (1 — архей (2,8 млрд лет назад), 2 — ранний протерозой (2,0—2,1 млрд лет назад); *выступы архейского фундамента среди протерозойских комплексов*: 3 — гранулитогнейсы (2,8 млрд лет), 4 — мигматиты и метаультрабазиты (2,6—2,7 млрд лет); 5 — интрузивные массивы последней фазы кратонизации (1,75—1,8 млрд лет назад); 6—9 — формационные комплексы мегаблоков (6 — гранулит-диафорит-гранитовый, 7 — амфиболит-гранитовый, 8 — гнейсово-сланцево-гранитовый, 9 — железисто-кремнисто-сланцевый); 10, 11 — формационные комплексы поясов и впадин (10 — осницкий вулканоплутонический комплекс Вольно-Полесского пояса (1,99 млрд лет), 11 — вулканогенно-осадочный комплекс Овручской впадины (не более 1,76 млрд лет); 12, 13 — зоны разломов (12 — заложенные в неархее, 13 — заложенные в палеопротерозое (а — межмегаблоковые, б — внутримергаблоковые); 14 — межрегиональная зона раздвига Херсон — Смоленск; 15 — номера мегаблоков (в числителе) и время их последней кратонизации, млрд лет (в знаменателе). Время этапов разломообразования см. в таблице. Названия зон разломов (цифры в кружках): 1 — Сущано-Пержанская, 2 — Полесская, 3 — Сарненско-Варваровская, 4 — Чернобыльская, 5 — Ядлово-Трактемировская, 6 — Тетеревская, 7 — Звиздаль-Залесская, 8 — Брусиловская, 9 — Хмельницкая, 10 — Летичевская, 11 — Подольская, 12 — Немировская, 13 — Ободовская, 14 — Тальновская, 15 — Врадиевская, 16 — Емиловская, 17 — Первомайская, 18 — Звенигородско-Братская, 19 — трансрегиональная зона раздвига Херсон — Смоленск, 20 — Кировоградская, 21 — Западно-Ингулецкая, 22 — Криворожско-Кременчугская, 23 — Светловодская, 24 — Днепродзержинская, 25 — Дерезоватская, 26 — Орехово-Павлоградская, 27 — Краснополянская, 28 — Южно-Донбасская, 29 — Центральновогневахакая, 30 — Малоянисольская, 31 — Сорокинская, 32 — Азовско-Павловская, 33 — Малоекатериинская, 34 — Конкская, 35 — Девладовская, 36 — Бобринецкая, 37 — Субботско-Мошоринская, 38 — Лелековская, 39 — Смелянская, 40 — Куйбышевская. *Мегаблоки*: I — Вольнский, II — Подольский, III Росинский, IV — Бутский, V — Ингульский, VI — Среднеприднепровский, VII — Приазовский, VIII — Вольно-Полесский вулканоплутонический пояс.

рых формаций и возрасту зон разломов. Она составлена на основе карт, приведенных в работах [Гинтов, 2005, рис. 3.3; Створення ..., 2006, рис. 3.1.2; Щербак и др., 2008, рис. 7.1; Бобров и др., 2010, рис. 1, 7; Гинтов, Пашкевич, 2010, рис. 1]. Из-за малого масштаба рисунка зоны разломов показаны только осевыми линиями,

хотя ширина некоторых может достигать 15—20 км. На схеме видно следующее.

1. В пределах Вольнского мегаблока самыми древними являются породы тетеревской серии возрастом  $2,1 \pm 0,02$  млрд лет, самыми молодыми — породы овручской серии, кварцевые порфиры из нижних горизонтов которой име-

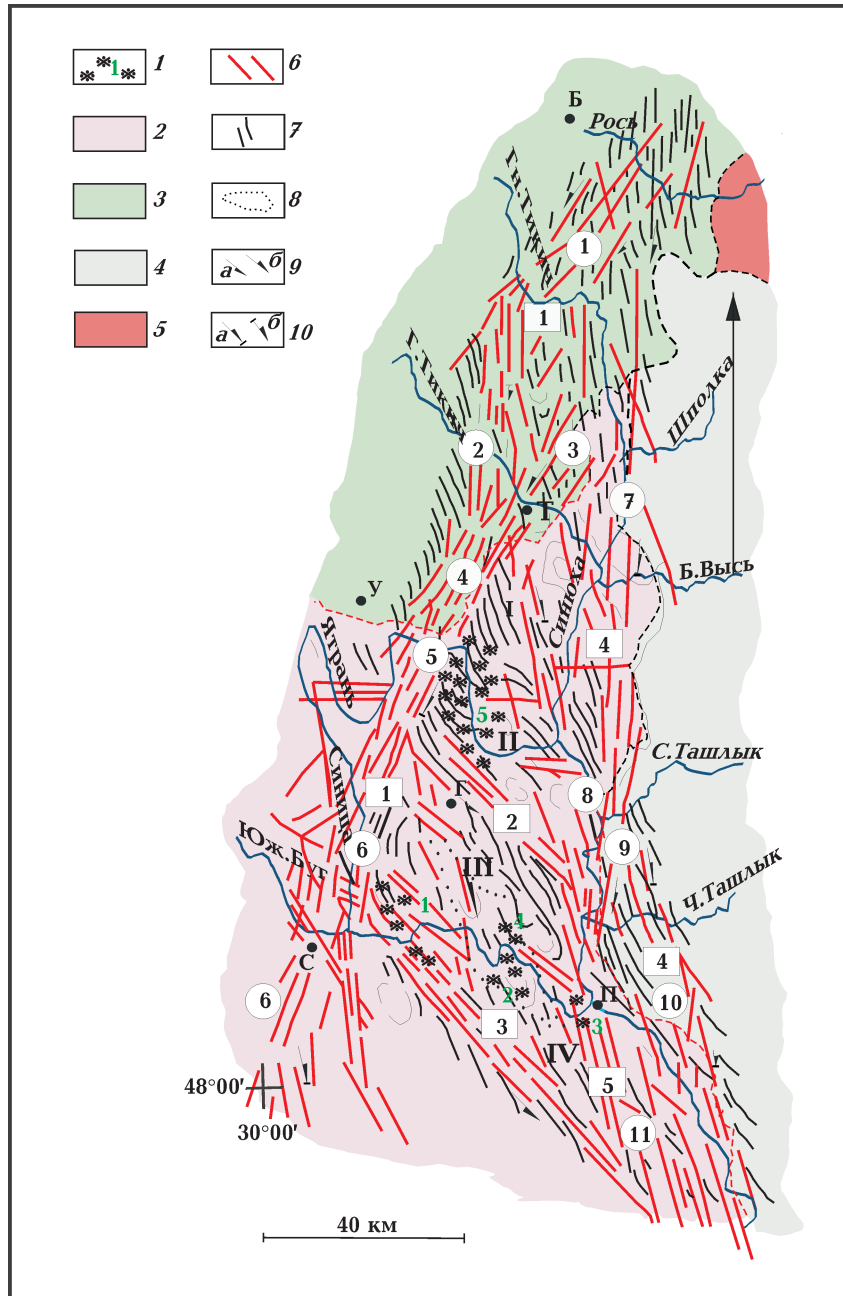


Рис. 2. Структурная схема центральной части Голованевской шовной зоны: 1 — установленные (1 — Луполовский, 2 — Первомайский) и предполагаемые (3 — Великомечетнинский, 4 — Лащевский, 5 — Ятранский) выступы архейского гранулитогнейсового фундамента (гайворонский комплекс); 2—5 — площади распространения пород (2 — бугской серии, побужского, бердичевского комплексов, 3 — росинско-тикичской серии, звенигородского, уманского, богуславского комплексов, 4 — ингуло-ингулецкой серии, кировоградского, вознесенского комплексов, 5 — корсунь-новомиргородского комплекса); 6 — эшелонированные сколы зон разломов; 7 — структурные линии при- и внутриразломной складчатости; 8 — площадь развития гипербазитов капитановско-деренюхинского комплекса; 9, 10 — кинематические знаки (9 — правый (а), левый (б) сдвиг, 10 — сбросо-сдвиг (а), взбросо-сдвиг (б)). Блоки шовной зоны: I — Лысянский, II — Ятранский, III — Первомайск-Голованевский, IV — Кодымский. Зоны разломов (цифры в квадратах): 1 — Тальновская, 2 — Емиловская, 3 — Врадиевская, 4 — Первомайская, 5 — Долгопристанская. Цифры в кругах — зоны скальвания Тальновской зоны разломов (1 — Богуславская, 2 — Веседокутская, 3 — Мошуровская, 4 — Тальянковская, 5 — Заячковская, 6 — Синицовская) и Первомайской зоны разломов (7 — Гнилотикичская, 8 — Ольшанская, 9 — Калмазовская, 10 — Константиновская, 11 — Синюхинобродская). Населенные пункты: Б — Богуслав, Т — Тальное, У — Умань, Г — Голованевск, С — Саврань, П — Первомайск.

ют возраст 1,77—1,76 млрд лет [Щербак и др., 2008]<sup>2</sup>.

2. Северная часть Подольского мегаблока (Бердичевский блок) сложена комплексом чудново-бердичевских гранитов с останцами гранат-биотитовых гнейсов березнинской толщи днестровско-бугской серии, общий возраст которых не превышает 2,1—2,4 млрд лет. Центральная (Винницкий блок) и западная (Хмельницкий блок) части мегаблока представлены гранитоидными комплексами винницитов, чудново-бердичевских гранитов, чарнокитов с останцами гнейсов пироксеновых, гранат-биотитовых и кальцифиров гниванской и тывровской толщ днестровско-бугской серии, возраст которых также раннепротерозойский (1,99—2,09 млрд лет [Щербак и др., 2008]). Архейский комплекс эндербито-гнейсов и массивных эндербитов возрастом 2,8 млрд лет вскрывается только в пределах Литинского выступа (или купола) [Щербак и др., 2005, 2008].

3. Северная часть Бугского мегаблока занята собитами и уманскими гранитами возрастом 2,0—2,12 млрд лет. Южную часть (так называемую "гранулитовую дугу") занимают чарнокитоиды и эндербито-гнейсы, наиболее хорошо геохронологически и петрологически изученные в Бандуровском выступе (называемом также Хощевато-Завальевской структурой) по р. Южный Буг между селами Завалье и Сальково. Это архейские породы нескольких генераций, возраст которых от 3,65—3,78 до 2,78—2,74 млрд лет. Высказывается мнение, что именно эти породы слагают нижний, архейский, структурный этаж днестровско-бугской серии [Щербак и др., 2005]. Кроме того, в работе [Щербак и др., 2008] предполагается, что эндербито-гнейсы Бандуровского выступа слагают древнейший фундамент, на котором 2,8 млрд лет назад начала отлагаться днестровско-бугская серия. К западу вдоль "дуго" она так детально не изучалась, однако присутствие в ней гравитационных максимумов (Кодымского, Шаргородского), аналогичных Бандуровскому, позволяет предполагать, что выходы архейского фундамента должны наблюдаться и между Литинским и Бандуровским выступами.

<sup>2</sup>Цифры возраста горных пород, серий и комплексов на схеме для целей настоящей статьи в определенной степени округлены и обобщены, так как точный возраст этапов разломообразования удается определить только в отдельных случаях, оговоренных специально.

4. Породы архейского возраста достаточно широко развиты в шовных зонах Ингульского мегаблока (Голованевской на западе и Ингулецко-Криворожской на востоке), так как СФК этих зон ранее, до окончательного формирования мегаблоковой структуры УЩ, составляли единое целое с Бугским и Среднеприднепровским мегаблоками соответственно, будучи их окраинами [Гинтов, Мычак, 2011]. В Голованевской шовной зоне реперные значения архейского возраста получены для эндербито-гнейсов Луполовского и Первомайского выступов фундамента (2,84 и 2,78 млрд лет соответственно) и кварцитов Шамраевского участка (2,7—2,8 млрд лет — начало отложения бугской серии) [Щербак и др., 2005; Степанюк и др., 2010]. По геофизическим и геологическим данным выступлениями, подобными Луполовскому, являются также Великомечетнинский, Лащевский, Ятранский и ряд более мелких. Условно их также можно считать архейскими. В Ингулецко-Криворожской шовной зоне вся ее восточная часть, кроме Криворожско-Кременчугской структурно-фациальной зоны, в основном архейская (так называемый "Ингулецкий вал" — гранитоиды днепропетровского и ингулецкого комплексов возрастом около 2,8—3,0 млрд лет с останцами пород конкской серии).

Вся остальная площадь шовных зон сложена архей (в меньшей мере)-палеопротерозойскими (в основном) сериями и комплексами: Голованевская шовная зона — большей частью бугской серии (верхний возраст ультраметаморфизма более 2 млрд лет), побужским (2,6—2,4 млрд лет) и бердичевским (реперный возраст 2,03—2,07 млрд лет) комплексами; Ингулецко-Криворожская шовная зона (западная часть) и центральная часть Ингульского мегаблока — ингуло-ингулецкой серией (возраст детритового циркона 2,67—2,45 млрд лет), кировградским (реперный возраст 2,06—2,02 млрд лет), новоукраинским (реперный возраст 2,04 млрд лет) и корсунь-новомиргородским (реперный возраст 1,75 млрд лет) гранитоидными комплексами [Щербак и др., 2008].

5. Сопоставление метаморфических образований двух важнейших серий Голованевской и Ингулецко-Криворожской шовных зон (бугской и криворожской) указывает на квазисинхронность их формирования. По данным [Щербак и др., 2005, 2008], нижний возраст бугской серии (кварцитов с. Шамраевки) 2,8 млрд лет, по уточненным данным [Степанюк и др., 2010] 2,7—2,8 млрд лет. Верхний возраст, как

указывалось, около 2,0 млрд лет. Нижний возраст криворожской серии (металесчаников скелеватской свиты), по [Щербак и др., 1968], 2,8 млрд лет, верхний (возраст глееватской свиты и жил кировоградских гранитов, по [Щербак и др., 2008]) около 2,0 млрд лет. Как видим, обе серии, несмотря на несколько различный состав и степень метаморфизма, практически разновозрастные. Кроме того, обращает на себя внимание их одинаковая приразломная структура и кинематика: классические приразломные складки волочения чаще всего приводятся в качестве примера именно в породах криворожской и бугской серий. Все это приводит к выводу об одинаковой геодинамической природе Голованевской и Ингулецко-Криворожской шовных зон, расположенных симметрично на краях Ингульского мегаблока.

6. Росинский (Росинско-Тикичский) мегаблок сложен в основном раннепротерозойскими гранитоидами звенигородского, ставищанского, уманского, богуславского комплексов (2,0—2,15 млрд лет). Амфиболиты и амфиболбиотитовые гнейсы росинско-тикичской серии, развитые в звенигородском комплексе в виде ксенолитов, также имеют раннепротерозойский возраст (2,15—2,45 млрд лет) [Щербак и др., 2008]. Средняя (володарско-белоцерковская) свита этой серии коррелируется с верхней частью бугской серии [Костенко, 2010], что подтверждает ее раннепротерозойский возраст. Неоархейский комплекс (реперные цифры 2,6—2,7 млрд лет), представленный мигматитами тетиевского и габброидами юрьевского комплексов, вскрыт в ограниченном объеме лишь на западной окраине мегаблока.

7. В Среднеприднепровском мегаблоке между Криворожско-Кременчугской и Орехово-Павлоградской зонами разломов раннепротерозойские комплексы, кроме дайкового, отсутствуют и даже не рассматриваются [Щербак и др., 2008]. Он сложен зеленокаменными комплексами сурской и конкской серий (3,2—3,0 млрд лет) и окончательно кратонизировался 2,8—2,85 млрд лет назад при образовании различных гранитоидов днепропетровского комплекса.

То же можно сказать и о большей части Приазовского мегаблока, в котором раннепротерозойские образования (субщелочные и щелочные породы хлебодаровского, анадольского (2,0—2,1 млрд лет), южно-кальчикского, каменномогильского, октябрьского (~ 1,8 млрд лет) и других комплексов) развиты в основном в Восточном Приазовье в бассейне рр. Мокрая Волноваха, Кальчик, Кальмиус, Грузский

Еланчик. Остальная территория мегаблока занята палео-, мезо- (в большей части) и неоархейскими (в меньшей части) образованиями западно- и центральноприазовской серий, гранодиоритами, плагиогранитами и плагиомигматитами шевченковского, обиточенского и других комплексов (2,8—2,91 млрд лет), зеленокаменными породами осипенковской серии (3,2—3,0 млрд лет).

Орехово-Павлоградская шовная зона, будучи сутурой, сформировавшейся в результате коллизии Приазовского и Среднеприднепровского мегаблоков в раннем протерозое [Глевасский, 2005], сложена в основном породами архея — новопавловским, ремовским, шевченковским, старобогдановским комплексами. Раннепротерозойские образования анадольского и малотерсянского комплексов, как правило, приурочены к разломам.

Приведенные данные показывают, что западная часть УЩ и Восточное Приазовье прошли окончательную кратонизацию в раннем протерозое посредством нескольких фаз гранитизации на временном отрезке около 2,15—1,75 млрд лет назад. Зоны разломов, пересекающие и деформирующие гранитоиды этого возраста, не могут быть древнее, поэтому разработанная схема периодизации процессов разломообразования [Гинтов, 2005], дополнявшаяся в последующие годы, может быть уточнена.

Рассмотрение следует начать с диагональной системы зон разломов, пересекающей Волынский, Подольский и Росинский мегаблоки (Суцано-Пержанская, Немировская, Чернобыльская, Сарненско-Варваровская, Хмельницкая, Подольская зоны разломов) и относящейся к немировскому этапу. Система характеризуется единой кинематикой сопряженных пар: зоны разломов северо-восточного простирания заложены как левые сдвиги, активизированы как правые; субперпендикулярные им зоны северо-западного простирания заложены как правые сдвиги, активизированы как левые. Нижний и верхний возрасты этапа, относимого к  $PR_1-I$ , можно определить по наиболее изученной Суцано-Пержанской зоне разломов. Она разделяет гранитоиды житомирского (2,06—2,08 млрд лет) и осницкого (1,99 млрд лет) комплексов, деформируя их как левый сдвиг, но изгибает Томашгородскую дайку (1,79 млрд лет) по типу правого сдвига.

Следовательно, начало немировского этапа разломообразования несколько позже 1,99 млрд лет, а главная фаза активизации произошла между 1,79 и 1,76 млрд лет. Последняя цифра —

возраст пержанских гранитов, которые деформировались в Сущано-Пержанской зоне уже по типу надвига [Гинтов, 2005].

Имеющиеся данные по другим зонам разломов немировского этапа не противоречат приведенным цифрам возраста, так как все эти зоны закладывались в палеопротерозойских комплексах.

Новые данные по Голованевской и Ингулецко-Криворожской шовным зонам Ингульского мегаблока [Щербак и др., 2005, 2008; Гинтов, 2012] позволяют внести коррективы в геохронологию архейских и палеопротерозойских этапов разломообразования центральной и западной частей УЩ.

В Голованевской шовной зоне (рис. 2, см. с. 6) наиболее древние — емиловский и долгопристанский этапы разломообразования: Емиловская (базисное простирание  $310^\circ$ ), Вradiевская ( $313^\circ$ ) и Долгопристанская ( $332^\circ$ ) зоны разломов деформируются в областях сочленения или пересечения всеми более молодыми зонами<sup>3</sup>.

Емиловская зона ограничивает Ятранский выступ эндербито-гнейсов с юго-запада и отделяет его от пород бугской серии и побужского комплекса. Вradiевская зона, кинематически аналогичная Емиловской, ограничивает с юго-запада и частично пересекает Луполовский выступ эндербито-гнейсов. Поскольку породы этого выступа являются полным аналогом эндербито-гнейсов Казачьего Яра (упоминавшаяся выше западная окраина Бандуровского выступа) [Щербаков, 1975, 2005], возраст гранулитового метаморфизма которых  $2,8 \pm 0,1$  млрд лет, можно допускать, что возраст пород Луполовского выступа 2,84 млрд лет также омоложен, причем под влиянием процессов во Вradiевской зоне разломов. Таким образом, неоархейский возраст Емиловского этапа разломообразования (около 2,8 млрд лет назад) подтверждается новыми данными.

К неоархейскому емиловскому этапу необходимо относить также Летичевскую и Ободовскую зоны разломов Подольского и Бугского мегаблоков, которые являются морфокинематическими аналогами Емиловской зоны и так же соотносятся с Литинским и Бандуровским

выступами эндербито-гнейсов (ограничивают и пересекают их), как Емиловская и Вradiевская зоны с Ятранским и Луполовским.

Долгопристанская зона разломов Голованевской шовной зоны так же соотносится с Великометчинским выступом эндербито-гнейсов, как Вradiевская с Луполовским. Поэтому долгопристанский этап также необходимо считать неоархейским, но несколько моложе емиловского, так как в области сочленения Долгопристанской и Вradiевской зон скальвания вторые подворачивают под первые.

Первомайская зона разломов ограничивает Голованевскую шовную зону с востока. Ее южная ветвь, представленная Синюхинобродской, Ольшанской и Константиновской зонами скальвания, пересекает и деформирует чарнокитоиды и другие породы побужского комплекса. Северная ветвь — Гнилотикичская зона скальвания — отделяет породы росинско-тикичской серии и звенигородского комплекса от ингуло-ингулецкой серии и кировоградского комплекса. Поскольку раньше бугская серия и побужский комплекс (побужий) относились к неоархею, время заложения Первомайской зоны разломов было отнесено к пограничному  $AR_3-PR_1-I$ . Однако геохронологические исследования в Первомайской зоне (участок Первомайск — Концеполь [Щербак и др., 2008]) и геодинамические построения [Гинтов, 2012] показали, что породы большей части бугской серии и побужского комплекса (называемого сейчас также бердичевским) необходимо относить к палеопротерозою. В дополнение к этому, Звенигородско-Братская зона разломов — кинематический аналог Первомайской — располагается полностью в породах ингуло-ингулецкой серии, кировоградского и вознесенского комплексов и деформирует их. Поэтому первомайский этап разломообразования необходимо перенести в палеопротерозой.

Возраст 2,03—2,06 млрд лет, полученный для пород бердичевского комплекса в районе Первомайск — Концеполь, не может отражать начало первомайского этапа. На этом этапе зафиксировано несколько фаз активизации (Коржовская, Гнилотикичская и другие), которые привели к сильным деформациям и преобразованию горных пород [Гинтов, Мычак, 2011]. С ними, скорее всего, и связано омоложение пород Первомайской зоны в конце  $PR_1-I$ . Сама же зона заложена в начале палеопротерозоя, так как она древнее Тальновской зоны разломов, которая пересекает и деформирует ее по р. Горный Тикич между с. Шаулиха и г. Тальное.

<sup>3</sup> Названия структур Голованевской шовной зоны на рис. 2 даются в соответствии с работой [Гинтов, Исai, 1988], вышедшей раньше изданных геологических карт масштаба 1 : 200 000 по листам М-36-XXV, М-36-XXXI и L-36-I.

Тальновская зона разломов ограничивает Голованевскую шовную зону с запада, отделяя Ингульский мегаблок от Бугского и Росинского. В центре и на юге она своим восточным крылом сильно деформирует по типу правого сдвига эндербито-гнейсы Луполовского и Ятранского выступов, породы бугской серии (см. рис. 2). Западное крыло Тальновской зоны проходит по гранитоидам звенигородского, уманского и богуславского комплексов, деформируя их значительно слабее. Различие в степени деформированности породных комплексов, находящихся по разные стороны Тальновской зоны, свидетельствует либо о разном времени деформации (фаза заложения или фазы активизации зоны), либо о разной глубинности деформационных процессов. В обоих случаях время заложения Тальновской зоны разломов должно быть древнее возраста гранитоидов уманского и звенигородского комплексов (более 2,1 млрд лет). Исключение — самая северная Богуславская зона скалывания Тальновской зоны разломов, которая по своей морфокинематике относится к немировскому этапу.

Начало тальновского этапа можно уточнить по результатам изучения Савранского золоторудного поля, располагающегося в Тальновской зоне разломов (месторождения Майское, Квитка, Полянецкое и др.). Образование золотого оруденения месторождения Майское происходило параллельно с формированием плагиомигматитов и микроклиновых гранитов 2,2—2,4 и 2,06—2,04 млрд лет назад [Бобров *та ін.*, 1999; Макивчук и др., 1999]. Следовательно, нижняя граница возраста тальновского этапа разломообразования около 2,3 млрд лет назад, а первомайского этапа еще ниже. Скорее всего, он синхронен возрасту начала отложения ингуло-ингулецкой серии, т. е. около 2,45 млрд лет. Но это не относится к Гнилотикичской зоне скалывания (азимут простиранья  $7^\circ$ ), морфокинематика которой аналогична таковой Веселокутской зоны скалывания Тальновской зоны разломов (см. рис. 2), т. е. северная ветвь Первомайской зоны разломов сформировалась на тальновском этапе.

Западно-Ингулецкая зона разломов, ограничивающая Ингулецко-Криворожскую шовную зону с запада, сечет и деформирует раннепротерозойские породы ингуло-ингулецкой серии и кировоградского комплекса. К ней можно применить те же аргументы, что и к Первомайской зоне, поэтому возраст ее заложения также считаем около 2,45 млрд лет. Зоны скалывания, деформирующие архейскую часть

шовной зоны (Искровская, Чкаловская, Николаевская (направление  $354^\circ$ ) и относимые к западно-ингулецкому этапу, деформируют саксаганскую свиту криворожской серии по типу складки волочения (Лихмановская структура), но сами деформируются (подворачиваются) Криворожской зоной разломов (направление  $17^\circ$ ) [Гинтов и др., 1990]. Возраст саксаганской свиты, располагающейся в средней части криворожской серии, точно не определен [Щербак и др., 2008], он моложе 2,8 и древнее 2,0 млрд лет (жилы кировоградских гранитов секут породы Восточно-Анновской полосы), так что время заложения около 2,45 млрд лет применимо и для этих зон скалывания.

В принципе, на УЩ нет больше крупных межмегаблоковых зон разломов, кроме Криворожско-Кременчугской и Тальновской, которые имели бы северо-северо-восточную ориентировку между  $17$  и  $25^\circ$ . К тому же эти две зоны структурно идентично по типу правого сдвига деформируют породы бугской и криворожской серий и играют одинаковую роль в обособлении Ингульского мегаблока в структуре УЩ. Поэтому будет правильным синхронизировать время заложения этих зон в пределах приблизительно 2,3 млрд лет.

Зоны разломов центральной части Ингульского мегаблока изучены достаточно детально и описаны в работе [Гинтов, Мычак, 2011]. В этой работе возраст зон субмеридионального и диагонального направления был уточнен, за исключением Звенигородско-Братской зоны разломов, которая как аналог первомайской была отнесена к границе  $AR_3-PR_1-I$ . Теперь очевидно, что время ее заложения (первомайский этап) около 2,45 млрд лет. Остальные этапы разломообразования располагаются в следующем возрастном порядке: херсонско-смоленский (с его началом связано формирование Новоукраинского массива трахитоидных гранитов) — более 2,05 млрд лет, кировоградский — 1,95 млрд лет, лелековский — 1,85—1,9 млрд лет.

Раннепротерозойский возраст кратонизации Восточного Приазовья показывает, что известные здесь зоны разломов северо-западной ориентации — Краснополянская, Малоянисольская, Центральноволновахская — заложены в конце раннего протерозоя 2,0—1,8 млрд лет назад. При этом Малоянисольская зона деформируется широтной Конкской зоной разломов (1,8—1,85 млрд лет — возраст широтной системы разломов будет рассмотрен ниже), поэтому время ее заложения более 2,0 млрд лет назад. Две другие зоны разломов вмещают, но



и деформируют интрузивные комплексы Каменномогильского, Южно-Кальчикского и Октябрьского массивов, следовательно, время их заложения может быть более 1,8 млрд лет назад.

Поскольку мезо-неоархейский возраст кратонизации Среднеприднепровского и западной части Приазовского мегаблоков подтверждается практически всеми исследователями, неоархейское время заложения диагональной системы зон разломов этих регионов, указанное в работе [Гинтов, 2005], нами не пересматривается. Исключение представляет Орехово-Павлоградская шовная зона, образовавшаяся как Голованевская и Ингулецко-Криворожская в раннем протерозое. Ограничивающие ее одноименная зона разломов с запада и Азовско-Павловская с востока заложены, по аналогии с Тальновской, Первомайской, Западно-Ингулецкой и Криворожско-Кременчугской зонами разломов, также в раннем протерозое. По данным [Глевасский, 1990], формирование Орехово-Павлоградского коллизионного шва началось 2,4—2,5 млрд лет назад, т. е. время заложения рассматриваемых зон разломов синхронно первомайскому и западно-ингулецкому этапам (около 2,45 млрд лет).

Особое место среди зон разломов УЩ занимает широтная система, являющаяся самой молодой из изученных зон раннего докембрия. Она отнесена к субботско-мошоринскому этапу северо-восточного растяжения — северо-западного сжатия и охватывает весь щит и примыкающие к нему регионы. Как рудоконтролирующая система широтных зон УЩ впервые описана в работе [Галецкий, Шевченко, 2001], а ее кинематические особенности и возраст — в работах [Алехин, Гинтов, 2004; Гинтов, 2005; Гинтов и др., 2008; Bogdanova et al., 2012]. Возраст субботско-мошоринского этапа, считавшийся ранее PR<sub>1</sub>-II, уточнен и равен 1,8—1,85 млрд лет.

Полученные новые данные сведены в таблице.

**Обсуждение и выводы.** Докембрийская поверхность УЩ в структурном отношении на две трети является раннепротерозойской. Термин "архейский фундамент" для участков протерозойской кратонизации автор рискует употребить лишь в отношении бугско-днестровской так называемой "гранулитовой дуги", где явно видны выступы архейских СФК, облекаемые раннепротерозойскими сериями и комплексами, и Росинского мегаблока, на востоке которого установлены архейские мигматиты и ме-

таультрабазиты. Во всех остальных раннепротерозойских мегаблоках или их частях архейский континентальный фундамент точно не идентифицируется. Это может быть, например, океаническая или субокеаническая протоко́ра, мелкие фрагменты которой иногда обнаруживаются среди протерозойских пород. При плитотектоническом подходе такой вывод вполне правомерен.

Элементарные и эшелонированные сколы зон разломов лучше всего идентифицируются в гранитизированных комплексах, т. е. рассматриваемые зоны разломов протерозойских мегаблоков в большинстве случаев моложе 2,1—2,0 млрд лет. Однако на участках этих мегаблоков, где на эрозионную поверхность выведены архейские комплексы и видны структурные соотношения разломов с архейскими и протерозойскими породами, устанавливаются и более древние зоны разломов. Такими участками являются, например, шовные зоны, прошедшие путь коллизии и сильного сжатия, подъема глубинных литопластин и даже экструзии фрагментов океанической коры.

Внутренняя структура и динамометаморфические парагенезисы большинства архейских и протерозойских зон разломов УЩ сопоставимы между собой, что свидетельствует о небольшой разнице в глубинности процессов динамометаморфизма. Это означает, скорее всего, что цифру возраста этапов разломообразования (не более 2,8) в таблице необходимо рассматривать ближе к 2,5, чем к 2,8 млрд лет.

Время заложения Тальновской зоны разломов, как и всей Голованевской шовной зоны, древнее формирования основной массы гранитоидов западной части УЩ, в том числе Бугского и Росинского мегаблоков. Это различает геодинамические обстановки при образовании Орехово-Павлоградского и Голованевского коллизионных швов. В первом случае на поверхности видны оба сблизившихся архейских мегаблока — Среднеприднепровский и Приазовский. Во втором — архейская Западная микроплита, участвовавшая в коллизии [Гинтов, 2012], гранитизирована в конце PR<sub>1</sub>-I вместе с Голованевской шовной зоной. Такая геодинамическая обстановка требует дополнительного изучения и объяснения.

В статье фигурируют мегаблоки и блоки, какими мы их видим сейчас, хотя во время обсуждаемых геодинамических событий они могли выглядеть несколько иначе. Например, Ингульский мегаблок, претерпевший несколько этапов развития и становления, сформировал-

**Периодизация процессов разломообразования в докембрии Украинского щита и зоны разломов, изученные тектонофизическими методами**

Эра	Период	Начало этапа, млрд лет	Обобщенные поля напряжений, град		Этап	Зоны разломов
			$\sigma_1$	$\sigma_3$		
А Р Х Е Й	AR <sub>3</sub>	≤ 2,8	210/35	90/35	Днепродзержинский	Днепродзержинская, Светловодская, Дерезоватская, Малоекатериновская
	AR <sub>3</sub>	≤ 2,8	02/00	92/00	Куйбышевский	Куйбышевская, Сорокинская
	AR <sub>3</sub>	≤ 2,8	263/20	359/10	Емиловский	Емиловская, Вradiевская, Летичевская, Ободовская
	AR <sub>3</sub>	≤ 2,8	22/20	290/10	Долгопристаньский	Долгопристаньская
П Р О Т Е Р О З О Й	PR <sub>1</sub> -I	2,45	38/40	285/20	Первомайский	Первомайская, Звенигородско-Братская
	PR <sub>1</sub> -I	2,45	74/00	344/00	Орехово-Павлоградский	Ореховская, Павлоградская
	PR <sub>1</sub> -I	2,45	203/10	112/00		
	PR <sub>1</sub> -I	2,45	43/10	308/20	Западно-Ингулецкий	Западно-Ингулецкая
	PR <sub>1</sub> -I	2,30	64/10	330/20	Криворожский	Криворожско-Кременчугская, Саксаганская
	PR <sub>1</sub> -I	2,30	74/30	328/20	Тальновский	Тальновская (центральная ветвь)
	PR <sub>1</sub> -I	≤ 2,05	08/00	278/00	Херсон-Смоленский	Херсон-Смоленская трансрегиональная зона раздвига
	PR <sub>1</sub> -II	≤ 2,00	203/10	112/00	Малоянисольский	Малоянисольская
	PR <sub>1</sub> -II	≤ 1,99	03/00	93/00	Немировский	Немировская, Суццано-Пержанская, Чернобыльская, Хмельникская, Сарненско-Варваровская, Подольская, Тальновская (северная ветвь)
	PR <sub>1</sub> -II	1,95	49/00	319/00	Кировоградский	Кировоградская
	PR <sub>1</sub> -II	1,85—1,9	03/00	273/05	Лелековский	Лелековская, Новоукраинская, Нерубаевско-Лозоватская, Глодосская, Марьевская
	PR <sub>1</sub> -II	≥ 1,8	02/00	92/00	Волновахский	Краснополянская, Центральноволновахская
PR <sub>1</sub> -II	1,8—1,85	315/00	45/00	Субботско-Мошоринский	Субботско-Мошоринская, Девладовская, Смелянская, Бобринецкая, Конкская, Звиздаль-Залесская, Полесская	

ся в современном виде только в результате вертикальных перемещений по Тальновской и Криворожско-Кременчугской зонам разломов, которые произошли гораздо позже [Гинтов, Мычак, 2011].

Уточнение времени заложения зон разломов УЩ важно тем, что позволяет синхронизировать процесс формирования Голованевской, Ингулецко-Криворожской и Орехово-Павлоградской шовных зон (Кочеровскую структуру автор не затрагивает, так как для этого не хватает фактов). Возраст этапов разломообразования показывает, что коллизионные процессы, завершившиеся образованием этих трех шовных зон (сутур), шли одновременно или почти одновременно в начале палеопротерозоя. В связи с этим возникает необходимость уточнения концепций Е. Б. Глевасского и других авторов, изложенных в работах [Глевасский, 2005; Геолого-геофизическая ..., 2006<sup>4</sup>], так как одновременность коллизионных процессов в центральной и восточной частях УЩ накладывает ограничения на характер субдукции и направление движения микроплит.

Во-первых, возможность континентальной субдукции Среднеприднепровского мегаблока под пра-Ингульский мегаблок [Геолого-геофизическая ..., 2006] оказывается маловероятной, поскольку в этот период Среднеприднепровский мегаблок перемещался на восток вследствие закрытия Приднепровско-Приазовского микроокеана и субдукции под Приазовскую микроплиту.

Во-вторых, по той же причине маловероятна субдукция субокеанической литосферы Криворожско-Одесского бассейна под Западную (Белоцерковско-Среднебугтскую) микроплиту [Геолого-геофизическая ..., 2006], ибо при этом Среднеприднепровский мегаблок должен был бы перемещаться на запад.

Не вдаваясь в геологические детали (для этого необходимо более обстоятельное рассмотрение), чисто механическая модель коллизионных процессов центральной и восточной части УЩ

(рис. 3) может быть представлена тремя архейскими континентальными и двумя разделяющими их океаническими (субокеаническими) микроплитами (рис. 3, а). Строение Среднеприднепровской и Приазовской микроплит, в общем, известно, а Западной, состоящей из Бугского и Росинского мегаблоков и называемой также Белоцерковско-Среднебугтской, на уровне современной изученности можно предугадать. Архейский Бугский мегаблок был представлен на допротерозойской поверхности гайворонским и литинским комплексами эндербито-гнейсов, а архейский Росинский мегаблок — гранитоидами тетиевского и метаультрабазитами юрьевского комплексов.

В неоархее и в начале раннего протерозоя на континентальных окраинах (геоклиналях) микроплит начали накапливаться терригенно-вулканогенно-карбонатные толщи бугской (Бугский мегаблок), росинско-тикичской (Росинский мегаблок), криворожской (запад Среднеприднепровского мегаблока) серий. На сильно приподнятых восточной и западной окраинах соответственно, Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков (т. е. в пределах Орехово-Павлоградской шовной зоны) в настоящее время сохранились только мезоархейские вулканогенно-осадочные толщи, а неоархей-раннепротерозойские, по-видимому, эродированы.

Движение Западной и Среднеприднепровской микроплит было вызвано мантийной конвекцией или плюмом в начале палеопротерозоя. Начало горизонтальной ветви конвективной ячейки или вершины плюма находилось западнее рассматриваемого района, поэтому движение происходило в восточном направлении и литосфера океанических микроплит субдуцировала под Среднеприднепровский и Приазовский микроконтиненты (рис. 3, б). Скорость закрытия Криворожско-Одесского бассейна, расположенного ближе к активной части конвективной ячейки или плюма, была выше скорости закрытия Приднепровско-Приазовского бассейна (но и ширина первого была больше). Приазовский микроконтинент, расположенный над затухающей частью мантийного потока, служил упором.

Около 2,45 млрд лет назад конвергентный процесс завершился образованием Орехово-Павлоградской сутуры и Голованевско-Ингулецко-Криворожского коллизионного шва (название дано по названиям будущих шовных зон), в котором окраины Западной и Среднеприднепровской микроплит пришли в соприкосновение и породы бугской, росинско-тикичской и

<sup>4</sup>В заглавии книги "Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита" сделана, по-видимому, опечатка, так как речь идет об Ингулецко-Криворожской шовной зоне (на картах в книге авторы называют ее Западно-Ингулецко-Криворожской шовной зоной, что все-таки ближе к реальности), а не о Криворожско-Кременчугской зоне разломов, которая является только ее частью.

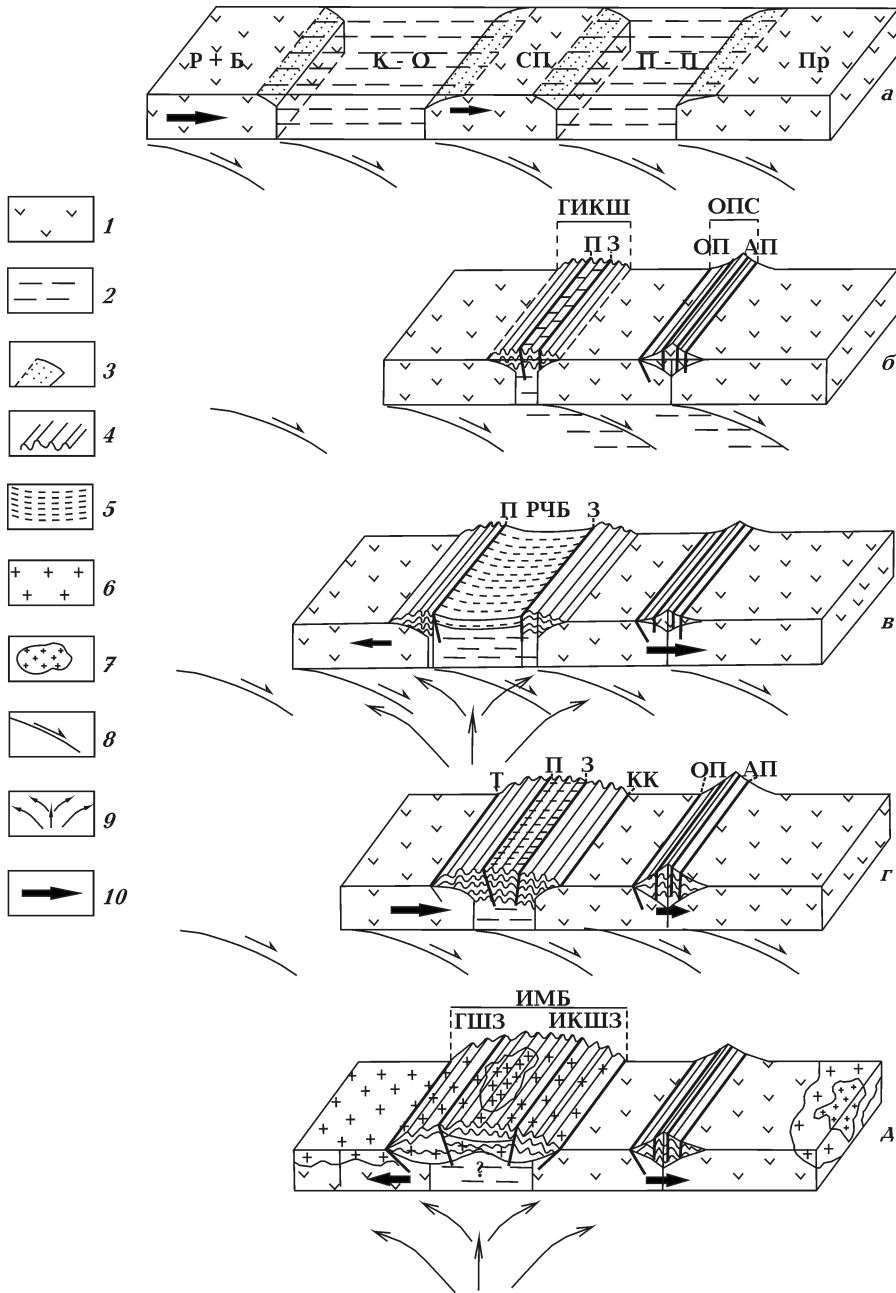


Рис. 3. Упрощенная внемасштабная схема предполагаемого палеогеодинамического процесса в центральной и восточной частях УЩ (стадии процесса (а–д) объясняются в тексте): 1 — континентальные микроплиты, состоящие из архейских мегаблоков (Р + Б — Росинского и Бугского, СП — Среднеприднепровского, Пр — Приазовского); 2 — океанические (субокеанические) микроплиты (К-О — Криворожско-Одесская, П-П — Приднепровско-Приазовская); 3 — терригенно-вулканогенно-карбонатные толщи, откладываемые на континентальных окраинах (геоклиналях); 4 — складчатость в породах коллизионных швов; 5 — вулканогенно-осадочные образования Рощаховско-Чечелеевского бассейна; 6–7 — протерозойская гранитизация архейских мегаблоков (6 — 2,0 + 2,1 млрд лет назад, 7 — 1,75 + 1,8 млрд лет назад); 8–9 — направление движения мантийного вещества (8 — в восточной ветви конвективной ячейки или мантийного плюма регионального масштаба, 9 — в пульсирующем мантийном плюме местного масштаба); 10 — направление перемещения континентальных плит (длина стрелки отражает условную относительную скорость перемещения плиты). ГИКШ — Головановско-Ингулецко-Криворожский коллизионный шов, ОПС — Орехово-Павлоградская сутура, РЧБ — Рощаховско-Чечелеевский бассейн, ИМБ — Ингульский мегаблок, ГШЗ — Головановская шовная зона, ИКШЗ — Ингулецко-Криворожская шовная зона. Зоны разломов: П — Первомайская, З — Западно-Ингулецкая, ОП — Орехово-Павлоградская, АП — Азовско-Павловская, Т — Тальновская, КК — Криворожско-Кременчугская.

криворожской серий начали сминаться в складки. Этот коллизионный шов еще нельзя назвать сутурой, так как породы названных серий не перемешаны, чему, возможно, препятствовало образование Первомайской и Западно-Ингулецкой зон разломов и архейского Ингулецкого вала, поднявшегося при столкновении микроплит.

Сразу вслед за этим в пределах Голованевско-Ингулецко-Криворожского коллизионного шва начался раздвиг, вызванный образованием дополнительного плюма под швом (рис. 3, в). В образовавшемся Рощаховско-Чечелеевском троговом бассейне<sup>5</sup>, ограниченном Первомайской и Западноингулецкой зонами разломов, начали накапливаться вулканогенно-осадочные толщи ингуло-ингулецкой серии.

Существование двух потоков мантийного вещества — регионального субгоризонтального и локального субвертикального (с субгоризонтальными западной и восточной ветвями) — подобно известному эффекту перекрещивающихся потоков жидкости, когда каждый из них после зоны пересечения движется в своем направлении. В данном случае, пока действовал дополнительный плюм, на фоне общего перемещения плит на восток происходил раздвиг Западной и Восточной микроплит (после образования Орехово-Павлоградской сутуры Среднеприднепровская и Приазовская микроплиты стали единой Восточной микроплитой). Когда дополнительный локальный плюм приостановил на время свою деятельность (так называемый "пульсирующий плюм"), а движение на восток продолжалось, началось новое сближение Западной и Восточной микроплит, их столкновение и дальнейшее смятие в складки пород бугской, росинско-тикичской, криворожской и находящейся между ними ингуло-ингулецкой серий. Этому способствовало заложение Тальновской и Криворожско-Кременчугской зон разломов, ограничивших возобновившийся Голованевско-Ингулецко-Криворожский коллизионный шов с запада и востока (рис. 3, г).

Около 2,05 млрд лет назад пульсирующий плюм под Голованевско-Ингулецко-Криворожским коллизионным швом возобновил свою де-

ятельность и начался новый раздвиг шва, разделение его на две части — Голованевскую и Ингулецко-Криворожскую, ставшими самостоятельными шовными зонами, отодвинутыми друг от друга на 150—200 км (рис. 3, д). Между шовными зонами породы ингуло-ингулецкой серии были гранитизированы с образованием массивов автохтонных гранитоидов кировоградского комплекса, а осевую часть заполнили интрузии Новоукраинского массива и Корсунь-Новомиргородского плутона.

В заключение необходимо сказать, что приведенная модель геодинамического развития центральной и восточной частей УЩ является всего лишь упрощенной схемой, достоверность которой зависит от достоверности в первую очередь геологических и реперных геохронологических данных, которых пока недостаточно и которые часто дискуссионны. Автора настоящей статьи смущает, в частности, то, что одни процессы (накопление вулканогенно-осадочных толщ) сильно растянуты во времени, а другие (субдукция и коллизия) приходится сжимать. При не очень высокой точности определения возраста деформационных процессов здесь возможны ошибки, которых удастся избежать только в результате интенсификации изучения петрологии и датирования докембрийских образований щита и повышения точности и достоверности глубинных геофизических исследований.

Схема не учитывает разную степень метаморфизма пород бугской и криворожской серий, что может быть связано с различным уровнем эрозионного среза Западной и Среднеприднепровской микроплит при их подъеме после рассматриваемых событий.

Упрощение состоит также в том, что речь идет все время о восточном или западном векторе перемещения микроплит, хотя на самом деле перемещение в современной системе координат происходило в северо-восточном и юго-западном направлениях (косая коллизия), так как во всех межблоковых зонах разломов тектонофизическими методами фиксируется преобладание правых сдвигов [Гинтов, 2005; Гинтов, Мычак, 2011].

<sup>5</sup>Е. Б. Глевасский в работе [Геолого-геофизическая ..., 2006] называл этот бассейн Бугско-Чечелеевским, так как параллелизовал бугскую серию не с криворожской, а с ингуло-ингулецкой серией.

## Список литературы

- Алехин В. И., Гинтов О. Б. Кинематические особенности, фазы развития и металлогения системы широтных зон разломов Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2004. Т. 26. № 6. С. 83—101. [Alyokhin V. I., Gintov O. B., 2004. Kinematic features, phases of development and metallogenic stage of latitudinal fault zones of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskij zhurnal* 26 (6), 83—101 (in Russian)].
- 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., Шпыльчак В. А. Гранулитовые структурно-формационные комплексы Украинского щита — европейский эталон. Львов: Издво ЗУГК, 2010. 160 с. [Bobrov A. B., Kirilyuk V. P., Goshovsky S. V., Stepanyuk L. M., Gursky D. S., Lysak A. M., Sivoronov A. A., Bezvinny V. P., Zulytsle V. V., Prykhodko V. L., Shpylchak V. A., 2010. Granulite structural-formational complexes of the Ukrainian shield — the European standard. Publishing House. Lvov: ZUGK, 160 p. (in Russian)].
- Бобров О. Б., Сиворонов А. О., Степанюк Л. М., Довбуш Т. І., Маркушин І. Є., Гнутенко Н. О., Бакуменко І. Т., Сергієнко В. М. Геологічна позиція та вік гранітів Майського золоторудного родовища (Середнє Побужжя). *Мінерал. журн.* 1999. Т. 21. № 4. С. 83—86. [Bobrov O. B., Sivoronov A. A., Stepanyuk L. M., Dovbush T. I., Markushyn I. E., Gnutenko N. O., Bakhumenko I. T., Sergiyenko V. M., 1999. The geological position and age of granites of Maisky gold-ore deposit (Middle Bug region). *Mineralogicheskij zhurnal* 21 (4), 83—86 (in Ukrainian)].
- Галецкий Л. С., Шевченко Т. П. Трансрегиональные рудоконцентрирующие мегазоны активизации. В кн.: *Геологія у XXI столітті: шляхи розвитку і перспективи*. Київ: Знання, 2001. 70—82. [Galeckij L. S., Shevchenko T. P., 2001. Trans-regional ore concentrating megazones megazone activation. In: *Geology in the XXI century: prospects and ways of development*. Kyiv: Znan-nja, 70—82 (in Russian)].
- Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита / Под ред. А. В. Анциферова. Киев: Наук. думка, 2006. 196 с. [Geological-geophysical model of the Krivoy Rog-Kremenchug suture zone of the Ukrainian shield, 2006. (Ed. A. V. Antsiferov). Kiev: Naukova Dumka, 196 p. (in Russian)].
- Гинтов О. Б. Докембрий Украинского щита и тектоника плит. *Геофиз. журн.*, 2012. Т. 34. № 6. С. 3—21. [Gintov O. B., 2012. Ukrainian Precambrian shield and plate tectonics. *Geofizicheskij zhurnal*, 34(6), 3—21 (in Russian)].
- Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 572 с. [Gintov O. B., 2005. Field tectonophysics and its application in the study of crustal deformation of Ukraine. Kiev: Phoenix, 572 p. (in Russian)].
- Гинтов О. Б., Исай В. М. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. Киев: Наук. думка, 1988. 228 с. [Gintov O. B., Isay V. M. 1988. Tectonophysical study of faults in the consolidated crust. Kiev: Naukova Dumka, 228 p. (in Russian)].
- Гинтов О. Б., Исай В. М., Коваленко В. Н. Тектонофизические данные о механизме формирования складок первого порядка Криворожского бассейна на примере Лихмановской структуры. *Геол. журн.* 1990. № 5. С. 115—123. [Gintov O. B., Isay V. M., Kovalenko V. N., 1990. Tectonophysical data on the mechanism of formation of folds of the first order of the Krivoy Rog basin on the example of the Lihmanovsk structure. *Geologicheskij zhurnal* (5), 115—123 (in Russian)].
- Гинтов О. Б., Мычак С. В. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. I, II. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 3. С. 102—118; № 4. С. 89—99. [Gintov O. B., Mychak S. V., 2011. Geodynamic development of the Ingul mega-block of the Ukrainian Shield according to geological-geophysical and tectonophysical data. *Geofizicheskij zhurnal* 33 (3), 102—118 (in Russian)].
- Гинтов О. Б., Орлюк М. И., Мычак С. В., Бакаржиева М. И., Фарфуляк Л. В. Субботско-Мошоринский этап деформирования земной коры Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2008. Т. 30. № 6. С. 23—38. [Gintov O. B., Orlyuk M. I., Mychak S. V., Bakarzhieva M. I., Farfulyak L. V., 2008. Subbotsko-Moshorinsky stage of the Earth's crust deformation of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskij zhurnal* 30 (6), 23—28 (in Russian)].
- Гинтов О. Б., Пашкевич И. К. Тектонофизический анализ и геодинамическая интерпретация трехмерной геофизической модели Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2010. Т. 32. № 2. С. 3—27. [Gintov O. B., Pashkevich I. K., 2010. Tectonophysical analysis and geodynamic interpretation of three-dimensional geophysical model of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskij zhurnal* 32 (2), 3—27 (in Russian)].

- Глевасский Е.Б. Геолого-петрологическая модель восточной части Украинского щита и закономерности размещения железорудных формаций: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Киев, 1990. 42 с. [Glevassky Ye. B., 1990. Geological and petrological model of the eastern part of the Ukrainian Shield and the patterns of distribution of iron-ore formations. Dr. geol.-mineral. sci., diss. Kiev, 42 p. (in Russian)].
- Глевасский Е.Б. Решение некоторых проблем петрологии и стратиграфии докембрия Украинского щита с позиций плитотектоники. *Минерал. журн.* 2005. Т. 27. № 3. С. 57—66. [Glevassky Ye. B., 2005. The solution of some problems of stratigraphy and petrology of the Precambrian of the Ukrainian shield with the position of platetectonics. *Mineralogicheskij zhurnal* 27 (3), 57—66 (in Russian)].
- Ентин В.А. Геофизическая основа Тектонической карты Украины масштаба 1 : 1 000 000. *Геофиз. журн.* 2005. Т. 27. № 1. С. 74—84. [Yentin V. A., 2005. Geophysical base of the Tectonic map of Ukraine at the scale 1: 1 000 000. *Geofizicheskij zhurnal* 27 (1), 74—84 (in Russian)].
- Кореляційна хронологічна схема раннього докембрію утворень Українського щита та пояснювальна записка до неї (Виконавці К.Ю. Єсипчук, О.Б. Бобров, Л.М. Степанюк та ін.). Київ: Вид. УкрДГРІ, 2004. 30 с. [Correlation chronological scheme of Early Precambrian formations of the Ukrainian Shield and explanatory notes thereto, 2004. (Administrant K. Yu. Yesipchuk, O. B. Bobrov, L. M. Stepanjuk et al.). Kyiv: Ukr. State Institute of Geological Prospecting Publ., 30 p. (in Ukrainian)].
- Костенко Н. М. Проблемы стратиграфии докембрия Бугско-Росинского мегаблока Украинского щита. В сб.: *Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы. Тезисы докладов.* Киев: УкрГГРИ, 2010. С. 109—112. [Kostenko N. M., 2010. Problems of stratigraphy of the Precambrian Bug-Rosinsk megablock of the Ukrainian shield. In: *Stratigraphy, geochronology, and correlation of lower Precambrian rock complexes of the basement of the East European platform. Abstracts.* Kiev: Ukr. State Institute of Geological Prospecting Publ., P. 109—112 (in Russian)].
- Макивчук О. Ф., Семка В. А., Бондаренко С. Н., Сергиенко В. М., Возняк Д. К., Бугаенко В. Н. Вещественный состав пород и условия локализации золоторудной минерализации на Майском месторождении (Украинский щит). *Минерал. журн.* 1999. Т. 21. № 4. С. 63—82. [Makivchuk O. F., Semka V. A. Bondarenko S. N., Sergiyenko V. M., Woznyak D. K., Bugayenko V. N., 1999. Material composition of the rocks and the conditions for the localization of gold-ore mineralization at the Maysk deposit (Ukrainian Shield). *Mineralogicheskij zhurnal* 21 (4), 63—82 (in Russian)].
- Митрохин О. В. Анортозит-рапаківігранітна формація Українського щита (геологія, речовинний склад та умови формування): Автореф. дис. ... д-ра геолог. наук. Київ, 2011. 36 с. [Mitrohin O. V., 2011. Anorthosite-rapakivihranitna formation of the Ukrainian Shield (geology, material composition and conditions of formation). Dr. geol. sci. diss. Kyiv, 2011, 36 p. (in Ukrainian)].
- Старостенко В. И., Гинтов О. Б., Пашкевич И. К., Бурахович Т. К., Кулик С. Н., Куприенко П. Я., Кутас Р. И., Макаренко И. Б., Орлюк М. И., Цветкова Т. А. Металлогения Украинского щита: закономерности размещения месторождений полезных ископаемых и их связь с глубинным строением и динамикой литосферы. *Геофиз. журн.* 2007. Т. 29. № 6. С. 3—31. [Starostenko V. I., Gintov O. B., Pashkevich I. K., Burakhovich T. K., Kulik S. N., Kuprienko P. Ya., Kutas R. I., Makarenko I. B., Orlyuk M. I., Tsvetkova T. A., 2007. Metallogeny of the Ukrainian shield: regularities of distribution of mineral deposits and their connection with deep structure and dynamics of lithosphere. *Geofizicheskij zhurnal* 29 (6), 3—31 (in Russian)].
- Старостенко В. И., Пашкевич И. К., Кутас Р. И. Глубинное строение Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2002. Т. 24. № 6. С. 36—48. [Starostenko V. I., Pashkevich I. K., Kutas R. I., 2002. Deep structure of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskij zhurnal* 24 (6), 36—48 (in Russian)].
- Створення комплексної тривимірної геофізичної моделі літосфери в зв'язку з магматизмом, тектонікою та утворенням корисних копалин Українського щита: Науковий звіт Інституту геофізики НАН України. Київ, 2006. 515 с. Укр-геолфонд, № гос. реєстрації 0102U002478. [Creation of a complex three-dimensional geophysical model of the lithosphere in connection with magmatism, tectonics and formation of minerals of the Ukrainian Shield, 2006. Research Report of the Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, Kyiv, 515 p. Ukrgeolfond, № state. registratsija 0102U002478 (in Ukrainian)].
- Степанюк Л. М., Бибилова Е. П., Клаэссен С., Пonomаренко А. Н., Довбуш Т. И., Федотова А. А. К вопросу о возрастных рубежах формирования кошаро-александровской свиты бугской серии Побужья. В сб.: *Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы. Тезисы докладов.* Киев: УкрГГРИ, 2010. С. 209—212. [Stepanyuk L. M., Bybukova Ye. P., Klaessen S., Ponomarenko A. N., Dovbush T. I., Fedotova A. A., 2010. To the questi-

- on of the age boundaries of formation of kosharo-alexander suites of the Bug series. In: *Stratigraphia, geochronology and correlation of lower Precambrian rock complexes of the basement of the East-European platforms. Abstracts*. Ukr. State Institute of Geological Prospecting Publ., Kiev, 209—212 (in Russian)].
- Шестопалова Е. Е., Степанюк Л. М., Довбуш Г. И., Сьомка В. О., Бондаренко С. М., Приходько Е. С. Палеопротерозойский гранитоидный магматизм Ингульского мегаблока Украинского щита: *Материалы Науч. конф. "Гранитоиды: условия формирования и рудоносность"*, Киев, 27 мая — 1 июня 2013 г. С. 152—153. [Shestopalova E. E., Stepanjuk L. M., Dovbush G. I., S'omka V. O., Bondarenko S. M., Prihod'ko E. S., 2013. Paleoproterozoic granitoid magmatism Ingul mega-block Ukrainian shield: *Proceeding of the Scientific conference "Granitoids: formation conditions and ore"*, Kiev, May 27 — June 1, 2012, 152—153 (in Russian)].
- Шумлянський Л. В. Петрологія та геохронологія породних комплексів північно-західного району Українського щита та його західного схилу: Автореф. дис. ... д-ра геолог. наук. Київ, 2012. 35 с. [Shumljans'kij L. V., 2012. Petrology and geochronology of rock complexes north-western region of the Ukrainian Shield and its western slope. Dr. geol. sci. diss. Kyiv, 2012 (in Ukrainian)].
- Щербак Н. П., Половко Н. И., Левковская Н. Ю. Изотопный возраст акцессорных минералов нижней свиты криворожской серии. *Геол. журн.* 1968. Т. 29. Вып. 3. С. 23—32. [Shcherbak N. P., Polovko N. I., Levkovskaya N. Y., 1968. Isotopic age of the accessory minerals of lower suite of kryvorozhska series. *Geologicheskij zhurnal* 29 (3), 23—32 (in Russian)].
- Щербак Н. П., Артеменко Г. В., Лесная И. М., Пonomаренко А. Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. Киев: Наук. думка, 2005. 243 с. [Shcherbak N. P., Artemenko G. V., Lesnaya I. M., Ponomarenko A. N., 2005. Geochronology of the Early Precambrian Ukrainian Shield. *Archaean*. Kiev: Naukova Dumka, 243 p. (in Russian)].
- Щербак Н. П., Артеменко Г. В., Лесная И. М., Пonomаренко А. Н., Шумлянський Л. В. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наук. думка, 2008. 239 с. [Shcherbak N. P., Artemenko G. V., Lesnaya I. M., Ponomarenko A. N., Shumlyansky L. V., 2008. Geochronology of the Early Precambrian Ukrainian Shield. *Proterozoic*. Kiev: Naukova Dumka, 239 p. (in Russian)].
- Щербачков И. Б. Петрография докембрийских пород центральной части Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1975. 280 с. [Shcherbakov I. B., 1975. Petrography of the Precambrian rocks of the central part of the Ukrainian shield. Kiev: Naukova Dumka, 280 p. (in Russian)].
- Щербачков И. Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУГЦ, 2005. 366 с. [Shcherbakov I. B., 2005. Petrology of the Ukrainian shield. Lvov: Publishing House ZUGTS, 366 p. (in Russian)].
- Bogdanova S. V., Gintov O. B., Dzmitry M., Kurlovich C., Lubnina L. V., Mimmi K. M., Nilsson, Orlyuk M. I., Pashkevich I. K., Shumlyansky L. V., Starostenko V. I., 2012. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotations during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). *Lithos* 174, 196—216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2012.11.002>