

УДК 550.93 + 551.2

**Н.П. Щербак, Г.В. Артеменко**

Институт геохимии, минералогии и рудообразования  
им. Н.П. Семеновича НАН Украины  
03680, г. Киев-142, Украина, пр. Акад. Палладина, 34  
E-mail: regul@igmof.gov.ua

## ГЕОХРОНОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИКА АРХЕЙСКИХ МЕГАБЛОКОВ УКРАИНСКОГО ЩИТА

---

Украинский щит формировался от эоархея до мезопротерозоя в результате полициклических тектоно-магматических процессов. Архейские породные ассоциации образовались преимущественно в результате геодинамических процессов мантийных плюмов. В палеоархейских породных ассоциациях Днестровско-Бугского и Приазовского мегаблоков выделяют синхронные по времени формирования магматические комплексы (тоналиты, эндербиты) возрастом 3,65; 3,5; 3,3 млрд лет, что указывает на их принадлежность к одному протократону, фрагменты которого наблюдаются также в пределах Воронежского кристаллического массива. Мезоархейские (3,2—3,0 млрд лет) гранит-зеленокаменные ассоциации сформировались в результате подъема нескольких плюмов, образующих крупный Курско-Приднепровский суперплюм. Мезоархейские гранит-зеленокаменные ассоциации слагают ювенильную кору в Среднеприднепровском мегаблоке, а в Западноприазовском блоке они формировались на палеоархейском фундаменте. Неоархейские образования (2,8—2,6 млрд лет) формировались в платформенных условиях. Возрастные этапы крупных магматических событий, выявленные в архейских комплексах Украинского щита, могут быть приняты в качестве нижних и верхних хроностратиграфических границ для архейских мегаблоков Евразии.

*Ключевые слова:* геохронология, геодинамика, архей, мегаблок, Украинский щит, хроностратиграфическая шкала, Евразийский континент.

**Введение.** Среди исследователей докембрия Украинского щита (УЩ) преобладает мнение о том, что в связи с полициклическим проявлением геодинамических процессов в раннем докембрии главными геотектоническими элементами служат блоки разного порядка.

В настоящее время существует несколько вариантов тектонического районирования раннего докембрия УЩ, но в любом случае выделяют три главных мегаблока архейского заложения, где проявлены тектонические структуры более высокого порядка (рис. 1).

Комплексный анализ тектонических структур с учетом данных петрологии и изотопной геологии привел авторов к выводу о том, что Днестровско-Бугский мегаблок и западная часть Приазовского мегаблока имеют много общих черт и существенно отличаются от Среднеприднепровского мегаблока [21]. Среднеприднепровский мегаблок представлен преимущественно породными ассоциациями, метаморфизованными в условиях зеленосланцевой и амфиболитовой фаций, а в составе серий и свит Днестровско-Бугского мегаблока преобладают породные ассоциации высоких ступеней метаморфизма.

© Н.П. ЩЕРБАК, Г.В. АРТЕМЕНКО, 2014

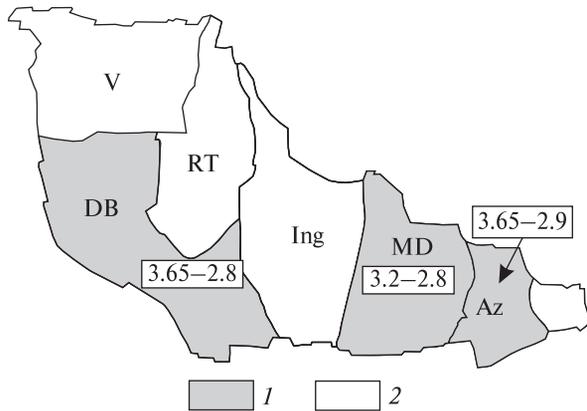


Рис. 1. Возрастные рубежи формирования архейских мегаблоков УЩ: 1 — архейские, 2 — палеопротерозойские

Fig. 1. The boundaries of formation of megablocks of the Ukrainian Shield: 1 — Archean, 2 — Paleoproterozoic

Следует подчеркнуть, что нами использованы только "реперные даты", отвечающие по значимости руководящим формам фауны и флоры в фанерозое [27].

На современном этапе при изучении УЩ важны результаты геодинамических реконструкций условий формирования породных ассоциаций архейских мегаблоков и развитых на их площадях геолого-тектонических структур, часто именуемых террейнами или доменами.

Сравнительный анализ возрастных рубежей формирования мегаблоков и геолого-тектонических структур позволяет уточнить корреляционную хроностратиграфическую схему архейского эона УЩ и сопоставить ее с Международной шкалой геологического времени, о чем речь будет идти ниже.

**Среднеприднепровский мегаблок** можно рассматривать как часть Курско-Приднепровского кратона [11, 12, 16]. Глубина мантии под зеленокаменными структурами (ЗС) Среднеприднепровского мегаблока колеблется от –28 до –56 км [15, 20, 23]. Под зеленокаменными структурами наблюдаются ее выступы до 28–35 км, а между ними она опускается до отметок 45–55 км и имеет холмистую или субгоризонтальную поверхность. В восточной части Среднеприднепровского мегаблока фиксируются группы наклонных границ, которые отождествляются с зоной его регионального поддвига под Приазовский мегаблок. Для Среднеприднепровского мегаблока характерны как изометричные (до 30 × 15 км), так и амбовидные или близкие к линейным зеленокаменные синформы [17] (рис. 2).

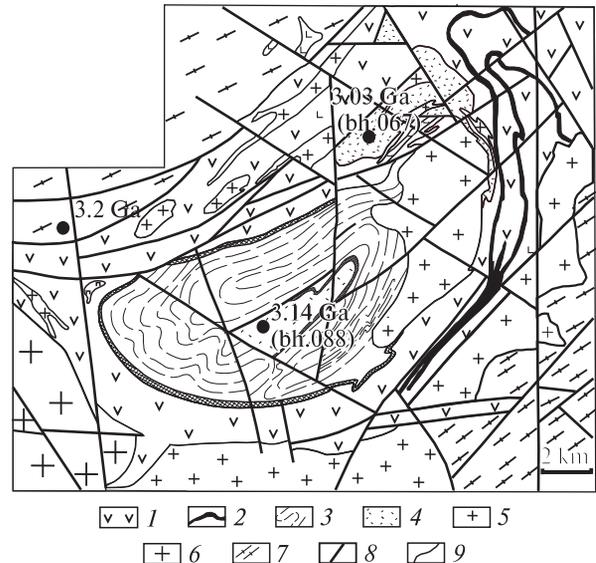


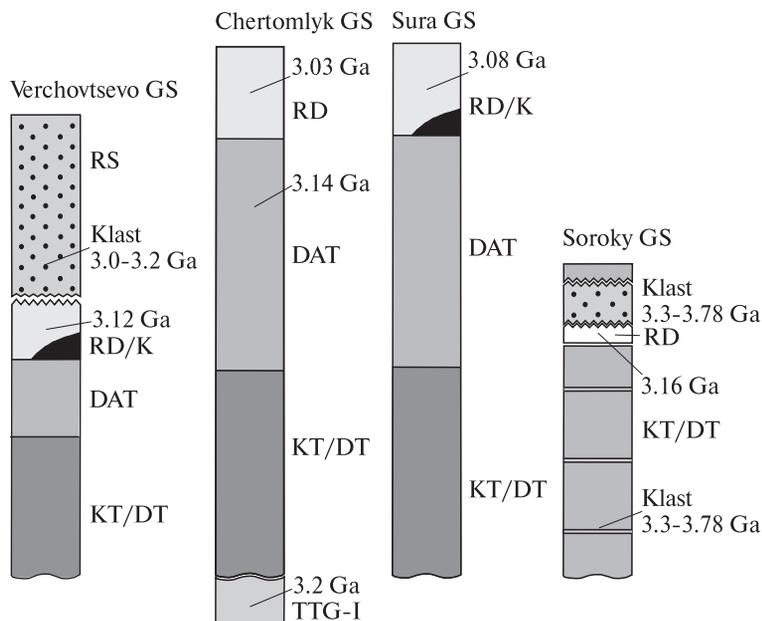
Рис. 2. Схематическая геологическая карта Чертомлыкской ЗС (по [8], с изменениями): конкская серия: 1 — сурская свита, 2 — железисто-кремнистые породы сурской свиты, 3 — чертомлыкская свита, 4 — солоневская свита, 5 — плагиогранитоиды сурского комплекса, 6 — калиевые граниты токовского комплекса, 7 — ранние ТТГ фундамента, 8 — разломы, 9 — геологические границы

Fig. 2. Schematic geological map of the Chortomlyk GS ([8], with changes): *Konka Series*: 1 — Sura suite, 2 — ferruginous-siliceous rocks of the Sura suite, 3 — Chortomlyk suite, 4 — Solone suite, 5 — Sura plagiogranitoid complex, 6 — potassium granites of Tokiv complex, 7 — early TTG of basement, 8 — faults, 9 — geological boundaries

Мощность осадочно-вулканогенных толщ составляет 5–10 км, сложенных осадочно-вулканогенными породами конкской и белозерской серий (рис. 3). Белозерская серия сложена преимущественно метаосадочными породами и залегает на конкской серии несогласно. Для зеленокаменных поясов Среднеприднепровского мегаблока характерны Al-недеплементированные коматииты йилгарнского типа [2]. Исследования соотношений *HFS* элементов в метабазитах зеленокаменных структур Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков указывают на их плюмовую природу [3, 34]. Кислые вулканы в зеленокаменных структурах и ранние интрузии тоналит-гранодит-гранодиоритовой (ТТГ) серии комагматичны [7, 16]. Но есть основания полагать, что ТТГ формации с характерным химизмом магм, а именно с пониженным содержанием щелочей, в первую очередь калия, характерны и для дозеленокаменных образований, которые сформировались за счет плавления ба-

Рис. 3. Схематические стратиграфические колонки зеленокаменных структур Среднеприднепровского мегаблока и Западно-Приазовского блока [15]. Формации: *KT* — коматиит-толеитовая; *DT* — джеспилит-толеитовая; *DAT* — дацит-андезит-толеитовая; *K* — коматиитовая; *RD* — риолит-дацитовая; *RS* — риолит-сланцевая [15]; *TTG-I* — ранние *TTG* фундамента

Fig. 3. Schematic stratigraphic columns of greenstone structures of the Middle-Dnieper megablock and West-Azov block [15]. Formations: *KT* — komatiite-tholeiitic; *DT* — jaspilite-tholeiitic; *DAT* — dacite-andesite-tholeiitic; *K* — komatiitic; *RD* — rhyolite-dacite; *RS* — rhyolite-schist [15]; *TTG-I* — early *TTG* of basement



зальтов при погружении коматиит-базальтовой коры в астеносферу. Этот процесс получил название "сагдукция". Он проявился над мантийными плюмами [24, 25]. Эта проблема очень важна и требует специальных изотопных и петрохимических исследований. В образовании всего спектра состава кислых пород ведущую роль играли процессы кристаллизационной дифференциации, на что указывает гомодромная последовательность магматизма [22, 35].

Именно эта ассоциация ТТГ служит гранито-гнейсовым фундаментом зеленокаменных структур. Толеитовые базальты, установленные в обнажениях берегов рек Базавлук, Базавлук, Соленая, внедрялись в блоки гранито-гнейсового фундамента [8, 13, 14]. Это более молодые образования. Тоналитовые гнейсы ранней генерации имеют возраст  $3191 \pm 13$  млн лет [22, 35]. Параметр  $\epsilon Nd = +0,43 \div +4,3$  указывает на выплавление протолита тоналитовых гнейсов из мантийного субстрата. В метаосадочных породах белозерской серии выявлен кластогенный циркон возрастом до 3,2–3,3 млрд лет, что указывает на отсутствие более древнего фундамента в Среднеприднепровском мегаблоке [5]. Выделяются две интрузивные фазы ТТГ серии, прорывающие зеленокаменные структуры — 3100 и 2950–3000 Ма [27, 36]. Гипабиссальные интрузии и кислые метавулканиды в зеленокаменных структурах того же возраста, что и ранние ТТГ (3100–3030 млн лет) [27]. Самарий-неодимо-

вые изотопные характеристики указывают на выплавление плагиогранитоидов ТТГ серий из базитового субстрата как в умеренно глубоких (< 30 км), так и нижнекоровых магматических источниках (40–60 км) [22, 26, 36]. Формирование дифференцированных интрузий ультрабазит-базит-анортозитового состава александровского комплекса (3060 млн лет) знаменует ранний этап стабилизации Среднеприднепровского кратона [27]. С заключительным этапом кратонизации связано становление крупных интрузивов плагиомикроклиновых гранитов демуринского (2905 млн лет), мокромосковского и токовского (2850–2650 млн лет) комплексов. Неоархейский этап активизации проявился внедрением незначительных по размеру интрузий гранитоидов анновского комплекса (2620 млн лет).

В настоящее время рассматриваются три модели формирования Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области (ГЗО). Плейт-тектоническая модель была предложена Г.И. Каллаевым и Е.Б. Глеваским [11, 12, 16], модель каскадной конвекции — А.А. Щипанским и Ю.Ю. Подладчиковым [32], а Г.Г. Гончар [13], В.С. Заика-Новацкий с соавторами [14] и А.Б. Бобров с соавторами [7, 8] рассматривают зеленокаменные структуры как вулканические постройки центрального и трещинного типа. Первые две модели предполагают, что Среднеприднепровская ГЗО сформировалась на океанической коре, а авторы последней считают, что зеленокаменные структуры формирова-

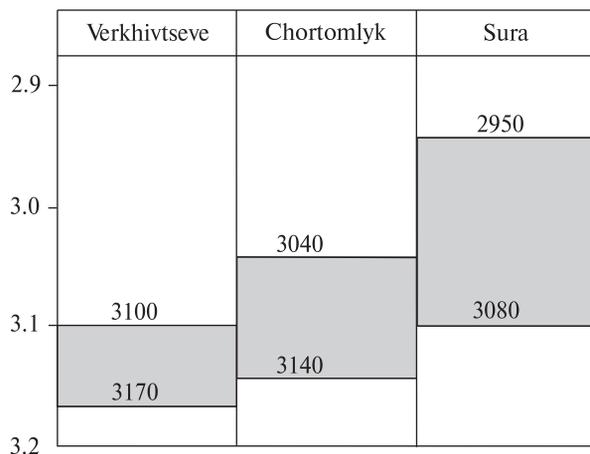


Рис. 4. Возраст и продолжительность кислого магматизма в зеленокаменных структурах Среднеприднепровского мегаблока УЩ

Fig. 4. Age and duration of acid magmatism in greenstone structures of the Middle-Dnieper megablock of the USh

лись на гранито-гнейсовом фундаменте. Имеющиеся данные согласуются с моделями формирования зеленокаменных структур на сиалическом фундаменте.

Данные изотопного датирования сингенетичных и кластогенных цирконов из зеленокаменных ассоциаций Приазовья и Среднего Приднепровья могут свидетельствовать о том, что максимальный перерыв между проявлением магматической деятельности зеленокаменных структур Среднего Приднепровья составляет не более 140 млн лет. Но не исключено, что длительность формирования коматиит- и дацит-толеитовой ассоциаций составляет еще более узкий интервал времени.

Возрастная корреляция породных ассоциаций зеленокаменных структур по широтному профилю с запада на восток, т. е. от Верховцевской ЗС через промежуточную Чертомлыкскую и восточную — Сурскую характеризуется следующей закономерностью: 1) в основании всех разрезов (рис. 3) лежат мощные ультраосновные-основные коматиит-базитовые ассоциации. Промежуточное место занимают базит-андезит-дацитовые и венчают разрезы дацит-риолитовые ассоциации [15] (рис. 4). Длительность формирования всех комплексов зеленокаменных структур около 150 млн лет.

**Западноприазовский блок.** По геофизическим данным, строение земной коры Приазовского блока существенно отличается от Среднеприднепровского мегаблока. Под Приазовским блоком граница *M* находится на глубине 46—34 км [23]. Она характеризуется платооб-

разной формой, осложненной локальными поднятиями и опусканиями [20]. Западная часть Приазовского мегаблока рассматривается как фрагмент архейского кратона, вовлеченного в коллизионный метаморфизм [9, 33] в палеопротерозое. От Среднеприднепровского мегаблока он отделяется Орехово-Павлоградской коллизионной зоной (ОПЗ), возникшей в результате его подвига под Приазовский мегаблок. Наиболее древние в ОПЗ породы новопавловской толщи — метабазиты, метакальциты, магнетит-пироксеновые кварциты и гнейсы палеоархейского возраста. В ее пределах выделяются также мезоархейские зеленокаменные структуры (Чистопольская, Новогоровская). Палеопротерозойские породы представлены монотонной по составу толщей главным образом глубокометаморфизованных осадочных пород, преимущественно кварцитами. В строении Западноприазовского блока значительную часть занимают мезоархейские гранито-купольные и зеленокаменные структуры. В межкупольных пространствах выделяются сильно деформированные высокометаморфизованные комплексы пород. Среди последних — более древняя западноприазовская серия, представленная преимущественно метабазитами и плагиогнейсами, и центральноприазовская, сложенная главным образом высокометаморфизованными осадочными породами. В составе западноприазовской серии нижняя верхнетокмакская толща, вероятно, палеоархейского, а верхняя кайинкулакская — мезоархейского возраста. К последней отнесены дислоцированные плагиогранитоиды ТТГ формации [6]. Зеленокаменные пояса в Приазовском блоке представлены многочисленными наложенными (рифтогенными) структурами: Новогоровской, Косивцевской, Сорокинской и др. В Приазовском мегаблоке зеленокаменные структуры сильно эродированы, их мощность составляет 1,5—2,0 км. Это моноили синклиналильные структуры, наблюдаемые в пределах крупных региональных разломов. Магматизм в зеленокаменных структурах Западноприазовского блока бимодален, в отличие от полимодального магматизма в зеленокаменных структурах Среднеприднепровского мегаблока.

*Основные геохронологические рубежи формирования Западноприазовского блока.* U-Pb возраст тоналитов новопавловского комплекса определен по циркону —  $3670 \pm 50$  млн лет.

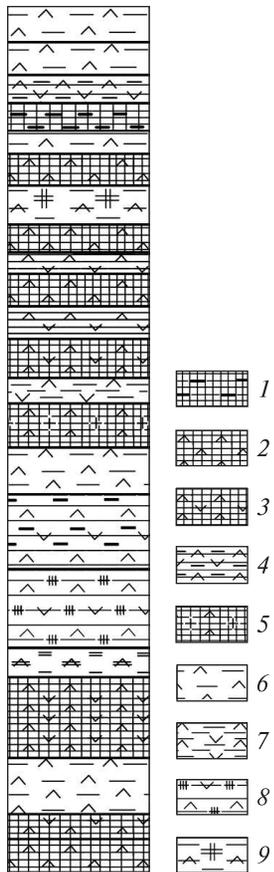


Рис. 5. Бимодальная ассоциация верхнетокмакской толщи (мощность 3800 м) [30]: 1 — кристаллосланец биотит-двупироксен-плаггиоклазовый, 2 — кристаллосланец двупироксен-амфибол-плаггиоклазовый, 3 — переслаивание кристаллосланцев двупироксен-амфибол-плаггиоклазовых и диопсид-амфиболовых, 4 — плаггиомигматит биотит-диопсид-амфиболовый, 5 — кристаллосланец двупироксен-амфибол-плаггиоклазовый гранитизированный, 6 — плаггиомигматит биотит-амфиболовый, 7 — плаггиомигматит диопсид-амфиболовый биотитизированный, 8 — плаггиомигматит пироксен-биотитовый амфиболсодержащий, 9 — плаггиомигматит биотит-амфиболовый пироксенсодержащий

Fig. 5. Bimodal association of the Verkhniy Tokmak thickness (thickness 3800 m) [30]: 1 — biotite-two-pyroxene

ne-plagioclase crystalloschist, 2 — twopyroxene-amphibole-plagioclase crystalloschist, 3 — interbedded twopyroxene-amphibole-plagioclase and diopside-amphibole crystalloschists, 4 — biotite-diopside-amphibole plagiomigmatite, 5 — twopyroxene-amphibole-plagioclase granitized crystalloschist, 6 — biotite-amphibole plagiomigmatite, 7 — diopside-amphibole biotitized plagiomigmatite, 8 — pyroxene-biotite amphibole-containing plagiomigmatite, 9 — biotite-amphibole pyroxene-containing plagiomigmatite

Sm-Nd изохронный возраст тоналитов —  $3,60 \pm \pm 0,3$  млрд лет [27]. Возраст циркона из пироксенитов новопавловского комплекса  $3650 \pm \pm 150$  млн лет, однако он рассматривается как верхняя возрастная граница их образования. На этом же участке были выявлены эндербиты возрастом  $3460 \pm 10$  млн лет. Модельный Sm-Nd возраст эндербитов 3650 млн лет указывает на возраст протолита эндербитов.

В северной части ОПЗ выявлены тоналиты возрастом  $3503 \pm 12$  млн лет,  $T_{Nd}DM = 3600$  млн лет [29]. Они обеднены тяжелыми РЗЭ, что указывает на их выплавление из мантийного субстрата в нижнекоровых магматических источниках. Зеленокаменные структуры в ОПЗ (Чистопольская, Новогоровская) имеют мезоархейский возраст, как и все остальные ЗС

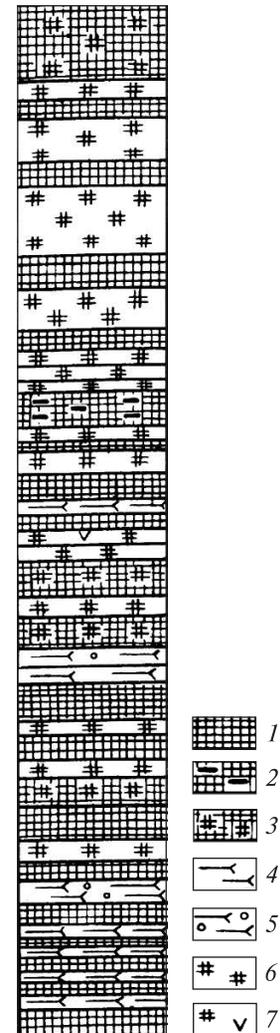


Рис. 6. Бимодальная ассоциация тырвовской толщи (мощность 987 м) [30]: 1 — кристаллосланец двупироксеновый, 2 — кристаллосланец двупироксеновый с магнетитом, 3 — кристаллосланец эндербитизированный, 4 — гиперстеновый гнейс, 5 — гиперстеновый гнейс гранитизированный, 6 — эндербит, 7 — чарнокит

Fig. 6. Bimodal association of the Tyrviv thickness (thickness 987 m) [30]: 1 — two-pyroxene crystalloschist, 2 — twopyroxene crystalloschist with magnetite, 3 — crystalloschist enderbited, 4 — hypersthene gneiss, 5 — hypersthene gneiss granitized, 6 — enderbite, 7 — charnockite

Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков [27]. По петрологическим характеристикам они близки к зеленокаменным структурам Приазовского мегаблока [2]. Метаосадочные породы верхней части разреза Орехово-Павлоградской коллизионной зоны сформировались в палеопротерозое — возраст кластогенного циркона из полевошпатовых кварцитов волчанской толщи — 2930 млн лет [27].

К западноприазовской серии в настоящее время относят мезоархейскую кайинкулакскую и палеоархейскую верхнетокмакскую толщи. Последняя характеризуется бимодальным строением и палеоархейским возрастом (рис. 5). Такое же строение имеет тырвовская толща днестровско-бугской серии. В Белоцерковской структуре Западного Приазовья выявлены тоналитовые гнейсы палеоархейского возраста —  $3560 \pm 50$  млн лет (нижнее пересечение 2020 млн лет), которые сходны по составу с тоналитовыми гнейсами верхнетокмакской тол-

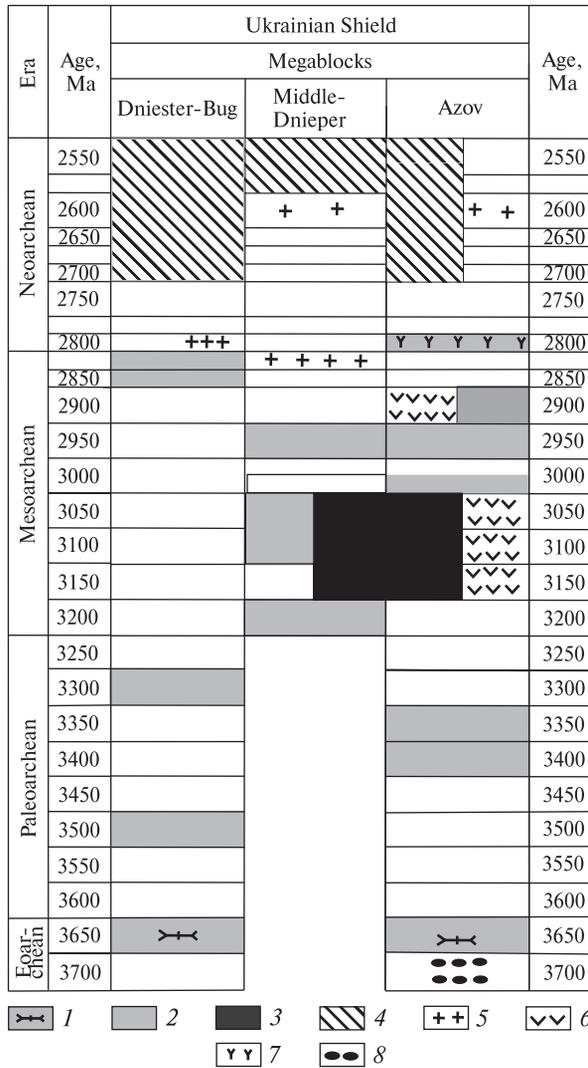


Рис. 7. Породные ассоциации архейских мегаблоков УЩ (3,6–2,6 млрд лет) [31]: 1 – бимодальные серии базит-тоналитового состава, 2 – породы ТТГ ассоциаций; 3 – супракрустальные породы зеленокаменных структур, 4 – метасадочные породы неоархей-палеопротерозойского возраста, 5 – граниты, 6 – интрузии основного и ультраосновного состава, 7 – сиениты, 8 – обломочный циркон

Fig. 7. The rock associations of Archean megablocks of the Ukrainian Shield (3.6–2.6 Ga) [31]: 1 – bimodal associations of mafic-tonalite composition; 2 – TTG associations; 3 – supracrustal rocks of greenstone structures; 4 – metasedimentary rocks of Neoproterozoic-Paleoproterozoic age; 5 – granites; 6 – intrusions of basic and ultrabasic composition; 7 – syenites; 8 – detrital zircon

щи. Кайинкулакская толща западноприазовской серии, к которой принадлежат плагиогнейсы различного состава, – мезоархейская (3050–3120 млн лет) [6] и, согласно геологическим и геохимическим данным, это дислоцированные плагиогранитоиды ТТГ серии.

Зеленокаменные структуры Западноприазовского блока формировались на фундаменте эо- и палеоархейского возраста (3750–3300 млн лет) [1, 5]. Циркон такого возраста выявлен в пачках метаосадочных пород Сорокинской и Федоровской зеленокаменных структур. Метариодациты в Сорокинской ЗС (3160 ± 130 млн лет) имеют коровый генезис. Косивцевская, Сорокинская и Новогородовская ЗС прорваны плагиогранитоидами ТТГ серии возрастом 3120–2920 млн лет, которые синхронны плагиогранитоидам сурского комплекса [4, 27]. Параметр  $\epsilon_{Nd}(T) = +0,6 \div +2,6$  указывает на их выплавление из слабодеплетированного мантийного субстрата. Салтычанская интрузия Западноприазовского блока (2,91–2,94 млрд лет) – внутриплитная [6]. Вмещающие породы – это сильно дислоцированные плагиогранитоиды ТТГ серии возрастом 3,0–3,12 млрд лет. Породы Салтычанской интрузии варьируют по составу от габбро до гранодиорита – кварцевого сиенита известково-щелочной серии с повышенной магнезиальностью. Они выплавлялись из слабообогатщенной мантии [6] и связаны, вероятно, с подъемом плюма. В Западноприазовском блоке, в отличие от Среднеприднепровского мегаблока, отсутствуют неоархейские калиевые граниты.

**Днестровско-Бугский мегаблок.** В Днестровско-Бугском мегаблоке архейские породы наблюдаются в виде мегалинз площадью до 45 км<sup>2</sup>, которые простираются на глубину 239–400 м [10]. По геофизическим данным, в этом блоке отсутствует горизонт К2 и земная кора аномально уплотнена. Платообразная поверхность Мохо находится на глубине 45 км. В тектонической Голованевской зоне мощность земной коры наибольшая – 65 км. Днестровско-Бугский мегаблок сложен архейскими и палеопротерозойскими породами, сильно деформированными и метаморфизованными в гранулитовой фации. Они разделяются на древнюю днестровско-бугскую и более молодую бугскую серии. Днестровско-бугская серия сложена пироксеновыми гнейсами и кристаллосланцами (тывровская толща), вмещает тела основных и ультраосновных пород и совместно с ними подвергается гранитизации с образованием эндербитов гайворонского комплекса. Основу палеоархейского разреза составляет бимодальная ассоциация тывровской толщи днестровско-бугской серии, сложенная чередованием пачек кристаллосланцев и эндербитов (рис. 6) [30].

Гнейсо-эндербиты претерпели несколько этапов деформаций и метаморфизма [18]. В них практически повсеместно наблюдаются включения кристаллосланцев. Время формирования эндербито-гнейсов 3,6–3,65 млрд лет ( $T_{Nd}DM = 3,7–3,9$  млрд лет). В Одесском карьере выделена линза супракрустальных пород, сложенная кристаллосланцами, кварцитами, гранатовыми, гранат-пироксеновыми и гранат-магнетитовыми кварцитами, отнесенными к тывровской толще днестровско-бугской серии [19]. Согласно данным [19], возрастные рубежи формирования супракрустальных пород — 3,4–3,15 млрд лет. Эти породы претерпели структурно-метаморфическую переработку в неоархее (2,9–2,8 млрд лет). В Завальевском карьере выявлены верхнепалеоархейские эндербиты возрастом 3,3 млрд лет [19]. По ядрам циркона из эндербитов Завальевского графитового карьера получены значения возраста —  $3281,1 \pm 7,7$  млн лет. Это наиболее поздний этап палеоархейского магматизма в Днестровско-Бугском блоке [19]. Возраст бугской серии, которая перекрывает днестровско-бугскую серию и сложена в основном высокометаморфизованными породами, — менее 3200–2600 млн лет.

Геологические и геохронологические данные свидетельствуют о том, что Днестровско-Бугский мегаблок — это кратон со сложным гетерогенным строением. В его строении выделя-

ются магматические породы возрастом 3,65; 3,5; 3,3 и 2,6 млрд лет [19]. В мезоархее эта глыба не была вовлечена в геологические процессы и, вероятно, находилась вне действия Курско-Приднепровского плюма. В палеопротерозое (2,14–2,0 млрд лет) Днестровско-Бугский блок претерпел сильную активизацию.

Наиболее важные закономерности строения архейских мегаблоков УЩ представлены на рис. 7. Главные различия в геологическом строении архейских мегаблоков, очевидно, определяются геолого-тектоническими обстановками их формирования. Древнейшие комплексы представлены бимодальными ассоциациями тывровской толщи в Днестровско-Бугском мегаблоке и новопавловской и верхнетокмакской толщами — в Приазовском мегаблоке, которые территориально разобщены. В интервале 3,65–3,3 млрд лет выделяются три этапа формирования ТТГ. В разделяющем их Среднеприднепровском мегаблоке они отсутствуют. В фундаменте зеленокаменных структур Среднеприднепровского мегаблока установлены ранние ТТГ возрастом 3,2 млрд лет, в то время как в Приазовском мегаблоке они формировались на палеоархейском фундаменте. Различия в геолого-тектонических обстановках формирования зеленокаменных структур определяют особенности их геологического строения. В Среднеприднепровском мегаблоке они часто имеют сложную амebo-

Рис. 8. Сопоставление хроностратиграфических рубежей архейского зона Украинского щита с Международной шкалой геологического времени

Fig. 8. Comparison of chronostratigraphic boundaries of Archean eon of the Ukrainian Shield with the International scale of geological time

International				Ukrainian Shield			
	Eonothem	Erathem Era	System Period	Age, Ma	Erathem Era	System Period	Age, Ma
Precambrian	Proterozoic			2500			
		Neo-archean		2800	Neo-archean	Mokra-Moskovka-Tok	2600
	Archean	Meso-archean		3200	Meso-archean	Konka	3000
		Paleo-archean		3600	Paleo-archean	Vasil'kivka	3400
		Eo-archean		4000	Eo-archean	Dniester-Bug-Novopavlivka	3800
		Hadean		4600			

видную форму (Верховцевская и Белозерская ЗС), а в Приазовском — преимущественно линейную (Сорокинская, Чистопольская, Новогоровская ЗС).

В настоящее время УЩ в достаточной мере охарактеризован реперными изотопными датами, что позволяет провести обоснованное сопоставление хроностратиграфической шкалы УЩ с Международной шкалой геологического времени (рис. 8). Главное различие — диахронность нижних возрастных рубежей начала палеопротерозоя и палеоархея. На УЩ эти рубежи оказываются древнее на 100 и 50 млн лет соответственно. На УЩ достаточно обоснованно расчленение архейского зона не только на эратемы, как в Международной шкале, но и на периоды. В палеоархейской эре предлагается выделить днестровско-бугско-новопавловский период, а в мезоархейской — конкский период (рис. 8).

**Выводы.** 1. Украинский щит формировался на протяжении длительного времени — от эоархея до мезопротерозоя — в результате полициклических тектоно-магматических процессов глубинного характера.

2. Архейские породные ассоциации Приазовского, Среднеприднепровского и Днестровско-Бугского мегаблоков формировались в результате действия мантийных плюмов, создающих коматиит-базитовые породы, которые в результате "сагдукции" погружались в астеносферу, образуя ТТГ формации.

3. В палеоархейских образованиях Днестровско-Бугского и Приазовского мегаблоков выделяются синхронные по времени магматические комплексы (тоналиты, эндербиты) возрастом 3,65 и 3,5 млрд лет. Это указывает на их принадлежность к одному протократону, проявляющемуся в пределах УЩ и Воронежского массива.

4. Мезоархейские (3,2—3,0 млрд лет) гранит-зеленокаменные ассоциации сформировались в результате подъема крупного Курско-Приднепровского плюма. Зеленокаменные ассоциации слагают ювенильную кору в Среднеприднепровском мегаблоке, а в Западноприазовском блоке они формировались на палеоархейском фундаменте.

5. Магматизм в зеленокаменных структурах Западноприазовского блока бимодальный, в отличие от полимодального магматизма в зеленокаменных структурах Среднеприднепровского мегаблока, что отражает разное строение

их фундамента и геодинамических обстановок магматизма.

6. Неоархейские образования (2,8—2,6 млрд лет), имеющие ограниченное развитие на УЩ, формировались в платформенных условиях.

7. Возрастные этапы крупных магматических событий, выявленные в архейских комплексах УЩ, могут быть приняты в качестве нижних и верхних хроностратиграфических границ для архейских мегаблоков Евразии.

8. Главная направленность эволюции земной коры УЩ — ее разрастание, связанное с геодинамикой глубинных процессов, направленных на поступление ювенильного вещества в мезоархее в связи с интенсивным проявлением плюмовой тектоники.

9. Уникальны с точки зрения истории геологического развития Земли достаточно полные разрезы палео- и мезоархея. Основные этапы формирования этих породных ассоциаций могут быть использованы в качестве региональной хроностратиграфической корреляции рубежей эр, периодов и более мелких стратиграфических единиц раннего докембрия Евразийского континента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артеменко Г.В. Возрастное соотношение мезоархейского зеленокаменного комплекса Сорокинской ЗС и гранулитогнейсового фундамента Приазовского блока (Украинский щит) // Материалы Всероссий. совещ. "Общие вопросы расчленения докембрия" (13—17 июня, 2000). — Апатиты, 2000. — С. 5—6.
2. Артеменко Г.В., Самборская И.А. Геохимические отличия перидотитовых и пироксенитовых коматиитов зеленокаменных поясов Приазовского и Среднеприднепровского мегаблоков УЩ // Минерал. журн. — 2009. — 31, № 2. — С. 13—19.
3. Артеменко Г.В., Самборская И.А., Демедюк В.В. Геохимическая характеристика метабазитов коматиит-базальтовой ассоциации зеленокаменных структур Приазовского и Среднеприднепровского мегаблоков УЩ // Там же. — 2009. — 31, № 4. — С. 60—69.
4. Артеменко Г.В., Самборская И.А., Швайка И.А., Калинин В.И. Особенности гранитоидного магматизма в Гуляйпольской гранит-зеленокаменной структуре (Приазовский мегаблок УЩ) // Там же. — 2010. — 32, № 4. — С. 63—76.
5. Бибикина Е.В., Клаэссен С., Федотова А.А. и др. Терригенный циркон архейских зеленокаменных поясов — источник информации о ранней коре Земли: Призовье и Приднепровье, Украинский щит // Геохимия. — 2010. — № 9. — С. 899—916.
6. Бибикина Е.В., Лобач-Жученко С.Б., Артеменко Г.В. и др. Позднеархейские магматические комплексы Приазовского террейна Украинского щита: геоло-

- гическое положение, изотопный возраст, источники вещества // Петрология. — 2008. — 16, № 3. — С. 227—247.
7. Бобров А.Б. Метариодацитовая формация зеленокаменных поясов Украинского щита. Ст. 2. Палеовулканические реконструкции, металлогения // Геол. журн. — 1993. — № 6. — С. 47—58.
  8. Бобров О.Б., Сиворонов А.О., Гурський Д.С. та ін. Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України. — К. : УкрДГРІ. 2004. — 386 с.
  9. Божко Н.А. Геотектонические факторы локализации коренных источников алмаза и их роль в оценке перспектив алмазоносности Украинского щита // Мінерал. журн. — 2013. — 35, № 2. — С. 24—38.
  10. Венедиктов В.М. Полициклическое развитие гранулитовой фации. — Киев : Наук. думка, 1986. — 268 с.
  11. Глевасский Е.Б. Решение некоторых проблем петрологии и стратиграфии докембрия Украинского щита с позиций плитотектоники // Мінерал. журн. — 2005. — 27, № 3. — С. 57—66.
  12. Глевасский Е.Б., Каляев Г.И. Тектоника докембрия Украинского щита // Там же. — 2000. — 22, № 2/3. — С. 77—91.
  13. Гончар А.А. Некоторые особенности геологии Среднего Приднепровья в связи с прогнозированием рудных месторождений // Геол. журн. — 1979. — № 4. — С. 49—59.
  14. Заика-Новацкий В.С., Казаков А.Н., Ржаницына С.В. и др. Структурная эволюция Украинского щита и Горного Крыма // Вестн. Киев. ун-та. Геология. — Киев : Вища шк., 1985. — С. 18—25.
  15. Зеленокаменные пояса фундамента Восточно-Европейской платформы (геология и петрология вулканитов) / Отв. ред. С.Б. Лобач-Жученко. — Л. : Наука, 1988. — 215 с.
  16. Каляев Г.И., Глевасский Е.Б., Димитров Г.Х. Палеотектоника и строение земной коры докембрийской железорудной провинции Украины. — Киев : Наук. думка, 1984. — 237 с.
  17. Лазько Е.М., Сиворонов А.А., Ярошук М.А. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Зеленокаменные пояса и роль вулканизма в формировании месторождений / Гл. ред. Я.Н. Белевцев. — Киев : Наук. думка, 1990. — 172 с.
  18. Лобач-Жученко С.Б., Балаганский В.В., Балтыбаев Ш.К. и др. Этапы формирования побужского гранулитового комплекса по данным изотопно-геохронологических исследований (Среднее Побужье, Украинский щит) // Мінерал. журн. — 2013. — 35, № 4. — С. 86—98.
  19. Лобач-Жученко С.Б., Степанюк Л.М., Пономаренко А.Н. и др. Возраст цирконов из эндербитогнейсов Среднего Побужья (Днестровско-Бугский мегаблок Украинского щита) // Там же. — 2011. — 33, № 3. — С. 3—14.
  20. Насад А.Г., Пигулевский П.И., Кичурчак В.М., Берзенин Б.З. К вопросу комплексирования геофизических материалов при построении среднемасштабных карт докембрийских образований (на примере Среднеприднепровского и Приазовского геоблоков УЩ) // Регіональні геологічні дослідження в Україні і питання створення Держгеолкарти 200 : Тез. доп. І наук.-виробн. нар. геологів-зйомщиків (Гурзуф, 17—22 верес.). — К., 2001. — С. 64—66.
  21. Пастухов В.Г., Астахов К.П., Багинян М.К. и др. Геодинамическая карта Украины : Объясн. зап. 1 : 1 000 000 / Гос. ком. Украины по геологии и использованию недр, Гос. геол. предпр. "Геолпрогноз". — Киев, 1993. — 213 с.
  22. Самсонов А.В., Пухтель И.С., Журавлев Д.З., Чернышев И.В. Геохронология архейского аульского гнейсового комплекса и проблема фундамента зеленокаменных поясов Украинского щита // Петрология. — 1993. — 1, № 1. — С. 29—49.
  23. Соллогуб В.Б. Литосфера Украины. — Киев : Наук. думка, 1986. — 184 с.
  24. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики : Учеб. — М. : Изд-во МГУ, 1995. — 480 с.
  25. Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Цикличность геодинамических процессов: ее возможная природа. — М. : Науч. мир, 2009. — 520 с.
  26. Шербак М.П., Артеменко Г.В., Бартницький Є.М. та ін. Генезис порід граніт-зеленокам'яних областей Українського щита за даними досліджень РЗЕ // Доп. АН УРСР. Сер. Б. — 1991. — № 7. — С. 95—99.
  27. Шербак Н.П., Артеменко Г.В. Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. — Киев : Наук. думка, 2006. — 321 с.
  28. Шербак Н.П., Белевцев Я.Н., Фоменко В.Ю. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Стратиграфия. — Киев : Наук. думка, 1988. — 192 с.
  29. Шербак Н.П., Бибикина Е.В., Лобач-Жученко С.Б. и др. Палеоархей восточной части Украинского щита // Мінерал. журн. — 2009. — 31, № 3. — С. 3—10.
  30. Шербак Н.П., Есинчук К.Е., Берзенин Б.З. и др. Стратиграфические разрезы докембрия Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1985. — 168 с.
  31. Шербак Н.П., Лобач-Жученко С.Б., Бибикина Е.В. и др. Возрастные этапы формирования породных ассоциаций и комплексов Украинского и Балтийского щитов в архее (3,6—2,6 млрд лет) // Мінерал. журн. — 2010. — 32, № 2. — С. 5—24.
  32. Щипанский А.А., Подладчиков Ю.Ю. "Стадные батолиты" как индикаторы мощности раннеархейской коры океанического типа // Докл. АН СССР. — 1991. — 320, № 5. — С. 1212—1216.
  33. Balagansky V.V., Lobach-Zhuchenko S.B., Yurchenko A.V. et al. Paleoproterozoic Intracratonic reworking of Early Precambrian terrains: an example from the Orekhov-Pavlograd Shear zone, Ukrainian Shield // Intern. Conf. on Craton Formation and Destruction. Schedule & Abstr. (Beijing, China, April 25—29, 2011). — Beijing, 2011. — P. 160.
  34. Condy K.C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. — 2005. — 74. — P. 491—504.

35. Samsonov A.V., Chernyshev I.V., Nutman A.P., Compton W. Evolution of the Archean Aulian gneiss complex, Middle Dnieper gneiss-greenstone terrain, Ukrainian Shield: SHRIMP U-Pb zircon evidence // *Precamb. Res.* — 1996. — 78. — P. 65–78.
36. Samsonov A.V., Zhuravlev D.Z., Bibikova E.V. Geochronology and petrogenesis of an Archean acid volcano-plutonic suite of the Verchovtsevo greenstone belt, Ukrainian Shield // *Intern. Geol. Rev.* — 1993. — 35. — P. 1166–1181.

Поступила 28.04.2014

## REFERENCES

1. Artemenko, G.V. (2000), *Materialy Vserossijskogo soveshhanija "Obshhie voprosy raschlenenija dokembrija"*, 13-17 ijunja, Apatity, Russia, pp. 5-6.
2. Artemenko, G.V. and Samborskaja, I.A. (2009), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 31 No 2, Kyiv, Ukraine, pp. 13-19.
3. Artemenko, G.V., Samborskaja, I.A. and Demedjuk, V.V. (2009), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 31 No 4, Kyiv, Ukraine, pp. 60-69.
4. Artemenko, G.V., Samborskaja, I.A., Shvajka, I.A. and Kalinin, V.I. (2010), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 32 No 4, Kyiv, Ukraine, pp. 63-76.
5. Bibikova, E.V., Klajessen, S., Fedotova, A.A., Artemenko, G.V. and Il'inskij, L. (2010), *Geochemistry*, No 9, pp. 899-916.
6. Bibikova, S.V., Lobach-Zhuchenko, S.B., Artemenko, G.V., Klajesson, S., Kovalenko, A.V. and Krylov, I.N. (2008), *Petrology*, Vol. 16 No 3, Moscow, Russia, pp. 227-247.
7. Bobrov, A.B. (1993), *Geological Journal*, Kyiv, Ukraine, No 6, pp. 47-58.
8. Bobrov, O.B., Sivoronov, A.O., Gurs'kij, D.S., Pavlun', M.M. and Ljahov, Ju.V. (2004), *Geologo-genetychna typizacija zolotorudnyh rodovyshh Ukrainy*, Ukr-DGRI, Kyiv, Ukraine, 367 p.
9. Bozhko, N.A. (2013), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 35 No 2, Kyiv, Ukraine, pp. 24-38.
10. Venediktov, V.M. (1986). *Policiklicheskoje razvitie granulitovoj facii*, Nauk. Dumka, Kyiv, Ukraine, 268 p.
11. Glevasskij, E.B. (2005), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 27 No 3, Kyiv, Ukraine, pp. 57-65.
12. Glevasskij, E.B. and Kaljaev, G.I. (2000), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 22 No 2/3, Kyiv, Ukraine, pp. 77-91.
13. Gonchar, A.A. (1979), *Geological Journal*, No 4, Kyiv, Ukraine, pp. 49-59.
14. Zaika-Novackij, V.S., Kazakov, A.N., Rzhanicyna, S.V., Zaika-Novackij, G.V. and Solov'ev, I.V. (1985), *Vestnik Kievskogo universiteta. Geologija*, Vysshaja shkola, Kyiv, Ukraine, pp. 18-25.
15. Lobach-Zhuchenko, S.B. (ed.) (1988), *Zelenokamennye pojasa fundamenta Vostochno-Evropejskoj platformy (geologija i petrologija vulkanitov)*, Nauka, Leningrad, Russia, 215 p.
16. Kaljaev, G.I., Glevasskij, E.B. and Dimitrov, G.H. (1984), *Paleotektonika i stroenie zemnoj kory dokembrijskoj zhelezorudnoj provincii Ukrainy*, Nauk. dumka, Kyiv, Ukraine, 237 p.
17. Laz'ko, E.M., Sivoronov, A.A., Jaroshhuk, M.A., Bobrov, A.B., Ivantishina, O.M., Kolij, V.D., Maljuk, B.I., Naumenko, V.V., Oroveckij, Ju.P. and Smogoljuk, A.G. (1990), *Zhelezisto-kremnistye formacii dokembrija evropejskoj chasti SSSR. Zelenokamennye pojasa i rol' vulkanizma v formirovanii mestorozhdenij*, Nauk. dumka, Kyiv, Ukraine, 172 p.
18. Lobach-Zhuchenko, S.B., Balaganskij, V.V., Baltybaev, Sh.K., Stepanyuk, L.M., Ponomarenko, O.M., Lohov, K.I., Koreshkova, M.Ju., Jurchenko, A.V., Egorova, Ju.S., Sukach, V.V., Berezhnaja, N.G. and Bogomolov, E.S. (2013), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 35 No 4, Kyiv, Ukraine, pp. 86-98.
19. Lobach-Zhuchenko, S.B., Stepanyuk, L.M., Ponomarenko, O.M., Balaganskij, V.V., Sergeev, S.A. and Presnjakov, S.L., *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 33 No 3, Kyiv, Ukraine, pp. 3-14.
20. Nasad, A.G., Pigulevskij, P.I., Kichurchak, V.M. and Berzenin, B.Z. (2001), *Tez. Dop. I naukovovo-virobnichoi naradi geologiv-zjomshhikiv, Gurzuf, 17-22 veresnja*, Kyiv, Ukraine, pp. 64-66.
21. Pastuhov, V.G., Astahov, K.P., Baginjan, M.K., Belous, I.R., Vol'fman, Ju.M., Klochkov, V.M., Kruglov, S.S., Pashkevich, I.K., Rybakov, V.N., Hovorova, G.P., Hizhnjakov, A.V. and Cypko, K.A. (1993), "Geolprognoz", Kyiv, Ukraine, p. 213.
22. Samsonov, A.V., Puhtel', I.S., Zhuravlev, D.Z. and Chernyshev, I.V. (1993), *Petrology*, Vol. 1 No 1, Moscow, Russia, pp. 29-49.
23. Sollogub, V.B. (1986), *Litosfera Ukrainy*, Nauk. dumka, Kyiv, Ukraine, 184 p.
24. Hain, V.E. and Lomize, M.G. (1995), *Geotektonika s osnovami geodinamiki*, Izdatel'stvo MGU, Moscow, Russia, 480 p.
25. Hain, V.E. and Halilov, Je.N. (2009), *Ciklichnost' geodinamicheskikh processov: ee vozmozhnaja priroda*, Nauchnyj mir, Moscow, Russia, 520 p.
26. Shcherbak M.P., Artemenko, G.V., Bartnyc'kyj, Je.M., Verhohljad, V.M. and Dovbush, T.I. (1991), *Dopovidi AN URSS. Ser. B*, No 7, Kyiv, Ukraine, pp. 95-99.
27. Shcherbak, M.P., Artemenko, G.V., Lesnaja, I.M. and Ponomarenko, O.M. (2006), *Geohronologija rannego dokembrija Ukrainського shhita. Arhej*, Nauk. dumka, Kyiv, Ukraine, 321 p.
28. Shcherbak, M.P., Belevcev, Ja.N., Fomenko, V.Ju. Ganockij, V.I., Gor'kovec, V.M., Esipchuk, K.E., Korzhnev, M.N., Krestin, E.M., Pap, A.M., Polovko, N.I., Sivoronov, A.A., Sirosthan, R.I., Skarzhinskaja, T.A., Strueva, O.M. and Shhegolev, I.N. (1988), *Zhelezisto-kremnistye formacii dokembrija evropejskoj chasti SSSR. Stratigrafija*, Nauk. dumka, Kyiv, Ukraine, 192 p.
29. Shcherbak, M.P., Bibikova, E.V., Lobach-Zhuchenko, S.B., Artemenko, G.V. and Presnjakov, S.L. (2009), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 31 No 3, Kyiv, Ukraine, pp. 3-10.
30. Shcherbak, M.P., Esipchuk, K.E., Berzenin, B.Z. (1985), *Stratigraficheskie razrezy dokembrija Ukrainського shhita*, Nauk. dumka, Kyiv, 168 p.
31. Shcherbak, M.P., Lobach-Zhuchenko, S.B., Bibikova, E.V., Stepanyuk, L.M., Chekulaev, V.P., Balaganskij, V.V., Artemenko, G.V., Vrevskij, A.B. and Aresto-

- va, N.A. (2010), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 32 No 2, Kyiv, Ukraine, pp. 5-24.
32. Shhipanskij, A.A. and Podladchikov, Ju.Ju. (1991), *Dokl. AN SSSR*, Vol. 320 No 5, Moscow, Russia, pp. 1212-1216.
33. Balagansky, V.V., Lobach-Zhuchenko, S.B., Yurchenko, A.V., Arestova, N.A. and Artemenko, G.V. (2011), International Conference on Craton Formation and Destruction. Schedule, Abstr., April 25-29, Beijing, China, p. 160.
34. Condy, K.C. (2005), *Lithos*, Vol. 74, pp. 491-504.
35. Samsonov, A.V., Chernyshev, I.V. and Nutman, A.P. (1996), *Precamb. Res.*, Vol. 78, pp. 65-78.
36. Samsonov, A.V., Zhuravlev, D.Z. and Bibikova, E.V. (1993), *Intern. Geol. Rev.*, Vol. 35, pp. 1166-1181.

Received 28.04.2014

*М.П. Щербак, Г.В. Артеменко*

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, м. Київ-142, Україна,  
пр. Акад. Палладіна, 34  
E-mail: regul@igmof.gov.ua

#### ГЕОХРОНОЛОГІЯ ТА ГЕОДИНАМІКА АРХЕЙСЬКИХ МЕГАБЛОКІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Український щит формувався від еоархею до мезопротерозою у результаті поліциклічних тектоно-магматичних процесів. Архейські породні асоціації утворилися в результаті дії мантійних плумів. У палеоархейських породах Дністровсько-Бузького і Приазовського мегаблоків виділяють синхронні за часом формування магматичні комплекси (тоналіти, ендербіти) віком 3,65; 3,5 і 3,3 млрд рр., що вказує на їх приналежність до одного протократону, фрагменти якого спостерігаються також в межах Воронезького кристалічного масиву. Мезоархейські (3,2—3,0 млрд рр.) граніт-зеленокам'яні асоціації сформувалися в результаті підйому великого Курсько-Придніпровського плуму. Мезоархейські граніт-зеленокам'яні асоціації складають ювенільну кору в Середньопридніпровському мегаблочі, а

в Західноприазовському блоці вони формувалися на палеоархейському фундаменті. Неоархейські утворення (2,8—2,6 млрд рр.) формувалися в платформних умовах. Вікові етапи великих магматичних подій, виявлені в архейських комплексах Українського щита, можуть бути прийняті як нижні і верхні хроностратиграфічні границі для архейських мегаблоків Євразії.

*Ключові слова:* геохронологія, геодинаміка, архей, мегаблок, Український щит, хроностратиграфічна шкала, Євразійський континент.

*М.П. Щербак, Г.В. Артеменко*

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladina Pr., 03680, Kyiv-142, Ukraine  
E-mail: regul@igmof.gov.ua

#### GEOCHRONOLOGY AND GEODYNAMICS OF ARCHEAN MEGABLOCKS OF THE UKRAINIAN SHIELD

The Ukrainian Shield was formed from Eoarchean to Mesoproterozoic both by polycyclic tectonomagmatic processes. The Archean rock associations were formed as a result of the action of mantle plumes. The magmatic complexes (tonalites, enderbites) with the age of 3.65, 3.5 and 3.3 Ga synchronous in time are allocated in Paleoproterozoic rocks of the Dniester-Bug and Azov megablocks that indicates that they belong to one protocraton which fragments are also observed on the Voronezh crystalline massif. Mesoproterozoic (3.2—3.0 Ga) granite-greenstone associations were formed as a result of uplift of large Kursk-Dnieper plume. Mesoproterozoic granite-greenstone associations compose juvenile crust on the Middle-Dnieper megablock, but on West-Azov block one these associations were formed on Paleoproterozoic basement. Neoproterozoic rocks (2.8—2.6 Ga) were formed in platform conditions. Age stages of major magmatic events identified in the Archean complexes of the Ukrainian Shield may be taken as the lower and upper chronostratigraphic bounds for the Archean megablocks of Eurasia.

*Keywords:* geochronology, geodynamics, Archean, megablock, Ukrainian Shield, chronostratigraphic scale, Eurasian continent.