

УДК 551.71/72(477+470.22+470.323)

**Н.П. Щербак, С.Б. Лобач-Жученко, Е.В. Бибикова,
Л.М. Степанюк, В.П. Чекулаев, В.А. Балаганский,
Г.В. Артеменко, А.Б. Вревский, Н.А. Арестова**

ВОЗРАСТНЫЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОДНЫХ АССОЦИАЦИЙ И КОМПЛЕКСОВ УКРАИНСКОГО И БАЛТИЙСКОГО ЩИТОВ В АРХЕЕ (3,6—2,6 МЛРД ЛЕТ)

На основе изотопно-геохимических и геохронологических данных по главным ассоциациям пород, слагающих структурно-тектонические единицы (кратон, мегаблок, домен, террейн), выявлены сходства и различия архейской геологической истории формирования земной коры (3,6—2,6 млрд лет) двух структурно-тектонических подразделений Восточно-Европейской платформы — Украинского и Балтийского щитов. Сходные черты таковы: 1 — присутствие на территории обоих щитов реликтов древней коры (3,65—3,5 млрд лет) и детритовых цирконов (3,6—3,7 млрд лет), что указывает на более широкое распространение древней коры в прошлом на обоих щитах; 2 — эволюция формирования гранит-зеленокаменных областей с аналогичными мантийными источниками метабазальтов зеленокаменных поясов; 3 — двукратное (архейский и палеопротерозойский этапы) проявление гранулитового метаморфизма. Главные различия: 1 — более молодой возраст зеленокаменных поясов Балтийского щита; 2 — масштаб проявления железисто-кремнистых формаций Украинского щита; 3 — проявление субщелочного и щелочного (включая карбонатитовый) магматизма на Балтийском щите в неорхее, а на Украинском — в протерозое.

E-mail: lobach-zhuchenko@cards.lanck.net; stepanyuk@igmof.gov.ua; bibikova@geokhi.ru

Архейские породы составляют значительные объемы коры Украинского и Балтийского щитов и преимущественно слагают структуры двух типов: гранит-зеленокаменные и гранулит-гнейсовые области [73, 117, 119], а также участвуют в строении складчатых поясов или шовных зон протерозоя. Ниже приводится характеристика основных черт строения этих щитов.

Балтийский щит (БЩ) — северная часть Восточно-Европейской платформы, составляющая более трети ее площади. Архейские породы занимают северо-восточную часть щита, вытянутую в СЗ направлении более чем на 1200 км. Традиционно архейские образования разделяют на три блока или провинции: Кольско-Норвежскую, Беломорскую и Фенно-Карельскую, имеющие ряд существенных раз-

личий, часть которых связана с протерозойским этапом развития.

Фенно-Карельская провинция (ФКП) располагается в центральной части БЩ, занимая площадь более 210 тыс. км² [130] и представляет собой гранит-зеленокаменную область. Она граничит на юго-западе с палеопротерозойской Свекофеннской провинцией, на севере и северо-востоке — с Беломорским складчатым поясом (Беломорской провинцией) и палеопротерозойским Лапландским гранулитовым поясом, а на западе перекрыта каледонидами. ФКП разделена на две части — юго-восточную, которая всегда рассматривалась как эпиархейский Карельский кратон, и меньшую северо-западную, известную под названием "домен Норботтен". Он представляет собой область, где породы архейского кратона сохранились на отдельных участках, а более половины территории занимают палеопротерозойские супракратальные породы и граниты.

© Н.П. Щербак, С.Б. Лобач-Жученко, Е.В. Бибикова,
Л.М. Степанюк, В.П. Чекулаев, В.А. Балаганский,
Г.В. Артеменко, А.Б. Вревский, Н.А. Арестова, 2010

Граница между архейским кратоном Норботтен и Свекофеннской провинцией проведена на основе изотопных Nd данных, позволивших отделить свекофенские граниты с протерозойским протолитом от таковых с архейским протолитом. Значительный объем палеопротерозойских образований, отделяющих Карельский кратон от домена Норботтен, позволяет рассматривать его как самостоятельный "кратон Норботтен" [64, 132, 141].

Остальная часть ФКП известна как Карельский кратон, главными элементами строения которого служат зеленокаменные пояса и разделяющие их преобладающие по площади гнейсо-гранитные ареалы. Эта территория разделена на три домена: Водлозерский, Центрально- и Западно-Карельский, охватывающий и Восточную Финляндию [69], различающиеся по возрасту и типу зеленокаменных поясов и гнейсо-гранитных ареалов.

Водлозерский домен, по размерам сопоставимый со Среднеприднепровской провинцией Украинского щита, расположен в Юго-Восточной Карелии (рис. 4.2 в [63]). На примере этого домена может быть реконструирована история формирования континентальной коры БЩ в интервале 3,3—2,4 млрд лет. Наиболее древняя сохранившаяся часть коры (3,3—3,1 млрд лет) сложена преимущественно тоналитами и трондjemитами с небольшим количеством гранодиоритов и амфиболитов [133, 137]. Для этих пород определен в основном модельный Nd возраст, достигающий 3,5 млрд лет [63]. Более широкое развитие пород древней ассоциации в прошлом подтверждается присутствием детритовых цирконов возрастом 3,2—3,33 млрд лет в неоархейских осадках и более 3,8 млрд лет — в ятулийских [54, 55]. Позднее, в начале следующего этапа (3,0—2,95 млрд лет), отделенного от первого перерывом порядка 100 млн лет, в краевых частях домена формировались зеленокаменные пояса, а в центральных — дайки и многофазные интрузии мафитов, одновозрастных и подобных по составу с обрамляющими вулканитами [63, 93, 110]. Зеленокаменные пояса преимущественно сложены метабазальт-коматиитовой серией [36, 39, 62, 87, 92, 94, 111, 143—146]. Детально изученный разрез Хаутаваарской структуры сложен вулканитами (от коматиитов до дацитов) и метаосадочной серией [70, 92 и ссылки в них]. К следующей стадии этого этапа (2,95—

2,85 млрд лет) относится внедрение небольшого числа интрузий тоналитов, гранодиоритов и гранитов. Позднее (2,8—2,75 млрд лет) формируется выделенный В.В. Куликовой [50] внутрикратонный Маткалахтинский зеленокаменный пояс, сложенный коматиитами, базальтами и метаосадками. Зрелые осадки этого пояса, относимые к платформенной ассоциации, отражают этап стабилизации территории [54]. В это же время в отдельных тектонических зонах происходит внедрение интрузий тоналит-трондjemитов. Во время и после формирования платформенной ассоциации кварцитов (2750—2650 млн лет) происходили активные магматические процессы: внедрение санукитоидов [45], даек габброноритов и умеренно щелочных метагаббро, коровых гранитов; в это же время локально проявлен гранулитовый метаморфизм умеренного давления (рисунок). Для магматических пород последнего этапа (кроме гранитов) характерен изотопный состав неодима, указывающий на отсутствие существенной коровой преистории. Модельный Nd возраст гранитов составляет 3,2—3,0 млрд лет, что подтверждает вывод об их образовании за счет плавления мезоархейских тоналитов нижней и средней части коры (рис. 4.16 в [63]).

Западно-Карельский домен занимает Западную Карелию, Центральную и Восточную Финляндию (или сегмент Кухмо-Иломантси в работе [132]). На его территории выделяют гранитные ареалы и зеленокаменные пояса: Костомукшский (2843 млн лет — базальты и коматииты; 2801 млн лет — кислые вулканиты [84]); Суомуссалми (2966 млн лет — вулканокластические породы группы Луома, 2817 млн лет — силл кварцевых порфиров); Кухмо (2798 и 2802 млн лет — кислые вулканиты); Типасъярви (2795 млн лет — метариолит) [131]. Преобладающие породы — гнейсограниты, гнейсо-тоналиты и мигматиты, многократно датированные и имеющие возраст 2876—2700 млн лет.

Среди архейских образований Финляндии обнаружены наиболее древние породы. К западу от сегмента Кухмо-Иломантси — трондjemитовые гнейсы вблизи оз. Пудос, возраст цирконов в которых составляет 3,5 млрд лет, а их ядре ~3,7 млрд лет [140]. Севернее, в куполе Койтелайнен [133], и на юге, в районе Варпайсъярви [142], установлены мезоархейские породы ТТГ серии возрастом 3,1—3,2 млрд

лет. Изучение цирконов из ксенолитов нижней коры на краю кратона позволило определить ее возраст — 3,5 млрд лет [143].

В Варпайсьярви широко развит и детально изучен гранулитовый метаморфизм возрастом 2633 млн лет [139]. Близкий возраст (2,65 млрд лет) получен и для гранулитов вблизи древнейших трондьемитов оз. Пудос [140] и оз. Тулос [13].

Центрально-Карельский домен в виде широкой субмеридиональной зоны занимает центральную часть Фенно-Карельской провинции, разделяя Водлозерский и Западно-Карельский домены. Он сложен в основном гранитоидами и представляет собой по сути единый гнейсо-гранитный ареал. Супракрустальные породы приурочены к границам домена. На западе расположен парагнейсовый пояс Иломанси-Нюк, сложенный преимущественно метаграувакками возрастом ~2,73—2,76 млрд лет [90, 148], а на севере — система зеленокаменных структур Кереть — Тикшозеро — Хизоваара, андезиты и дациты которых датированы 2,82—2,83 млрд лет [23, 55]. Метасупракрустальные породы присутствуют и в виде разного размера включений среди гранитоидов.

На границе Западно- и Центрально-Карельского доменов в ятулийских кварцитах обнаружены детритовые цирконы, наиболее древние, зерна которых достигают возраста 3,8 млрд лет [55]. Гранитоиды образуют непрерывную серию от кварцевых диоритов, имеющих незначительное распространение, до лейкократовых гранитов. Граниты, как правило, не образуют массивов, как это имеет место в Водлозерском домене, а слагают неправильной формы и разного размера участки среди пород ТТГ ассоциации. Они рассматривались как продукт мигматизации пород тоналит-трондьемитового состава [38]. Особенностью Центрально-Карельского домена служит то, что породы за редким исключением имеют модельный Nd возраст не выше 2,95 млрд лет, что указывает на более молодой возраст значительной части коры этого домена по сравнению с соседними [69, 109]. Еще одна особенность домена — приуроченность к нему большей части субщелочных санукитоидных и сиенитовых интрузий возрастом 2,71—2,74 млрд лет [127, 138]. Присутствие детритовых цирконов возрастом 3,1 млрд лет в Северной Карелии [55] не исключает наличия в

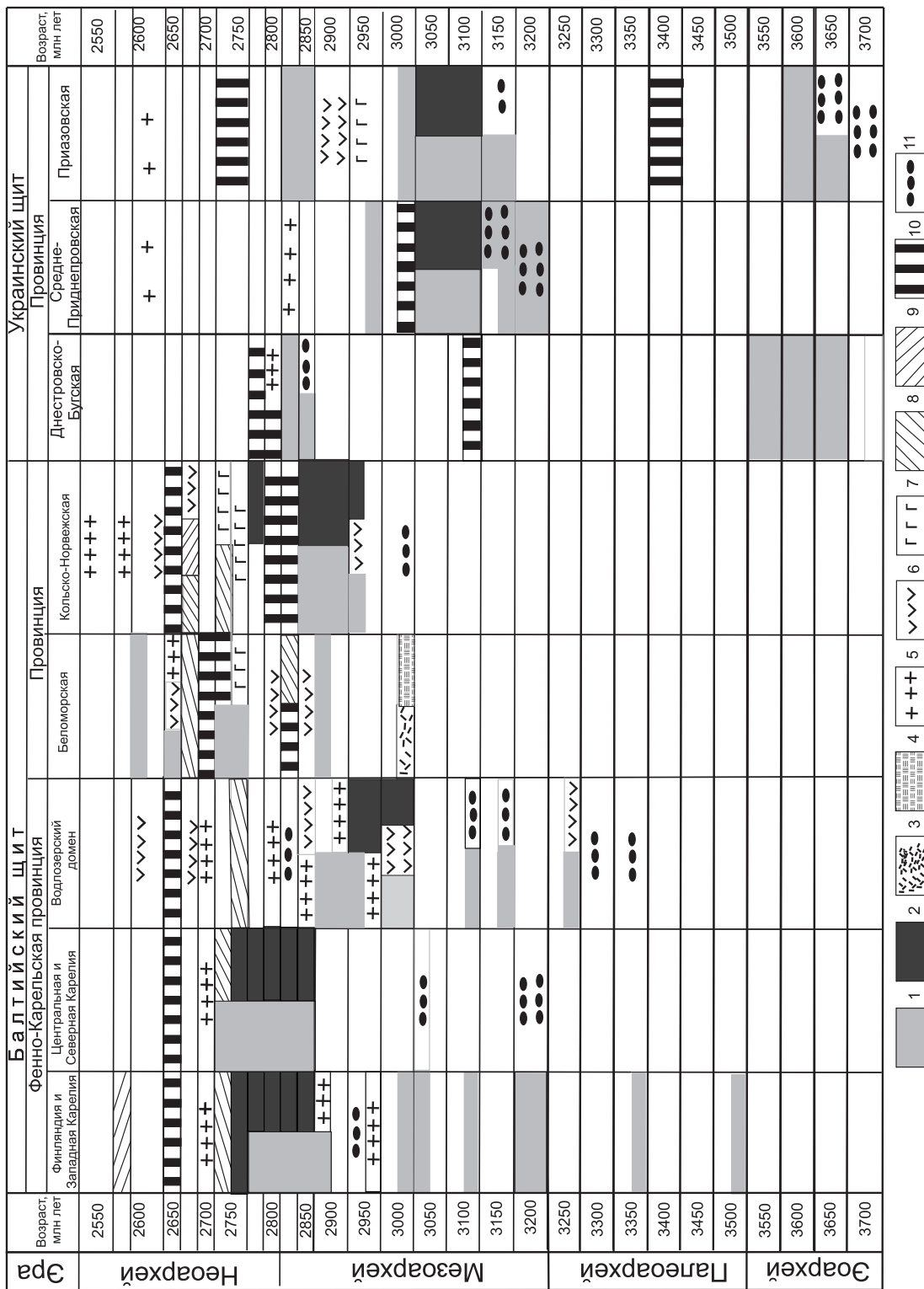
Центральной Карелии участков более древних пород.

В пределах ФКП широко развиты палеопротерозойские образования, представленные расслоенными и многофазными мафит-ультрамафитовыми массивами, интрузиями А-типа гранитов, а также субплатформенными метаосадками и метавулканитами сумия, ятулия, людиковия, калевия, вепсия возрастом 1,77—2,45 млрд лет. Они залегают непосредственно на архейских образованиях с корами выветривания в основании. В центральной части Водлозерского домена расположена наиболее крупная на БЩ мафит-ультрамафитовая Бураковская интрузия.

Для трех изолированных участков тоналитов возрастом более 3 млрд лет на территории Финляндии, как и для предполагаемого сиалического ядра в Северной Карелии, в настоящее время нет однозначного решения: представляют ли они собой фрагменты распавшегося и/или переработанного более крупного мезоархейского кратона (возможно, включавшего Водлозерский домен) или это самостоятельные палео-мезоархейские "зародыши" континентальной коры, которые не были связаны между собой. Обнаружение в ряде районов древних детритовых цирконов подтверждает первое предположение.

Беломорская провинция или *Беломорский пояс (БП)* — это линейная структура, вытянутая в северо-западном направлении и расположенная между Фенно-Карельской гранит-зеленокаменной и Кольско-Норвежской гранулит-зеленокаменной областями [71]. Результаты детального изучения геологического строения беломорского комплекса изложены в серии монографий (например, [32]) и статей (см. ссылки в [84]).

Беломорский комплекс сложен преимущественно мезо- и неархейскими супракрустальными и плутоническими породами. Супракрустальные породы представлены гнейсами чупинской серии, в основном состоящей из метаграувакк с небольшим количеством кислых метавулканитов чупинской свиты [76, 86], и амфиболитами хетоламбинской свиты. Возраст чупинской свиты определен по залегающим в ней метадацитам — 2878 млн лет [24] с близким T_{DM} (Nd). Метаморфизм чупинских гнейсов соответствует амфиболитовой и гранулитовой фациям, возраст его — 2850—2800 млн лет [19]. Возраст более моло-



Корреляционная схема главных геологических формаций и этапов тектонического развития Украинского и Балтийского щитов в архее. Условные обозначения: 1 — породы ТТГ ассоциации; 2 — супракратальные породы зеленокаменных структур; 3 — вулканы среднего и кислого состава; 4 — терригенные породы; 5 — граниты; 6 — интрузии основного и ультраосновного состава; 7 — расслоенные интрузии; 8 — субщелочные породы — санукитоиды, латит-монзониты, сенииты; 9 — карбонатиты, нефелиновые сенииты; 10 — гранулитовый метаморфизм; 11 — обломочный циркон

A correlation scheme of main geological structures and stages of tectonic development of the Ukrainian and Baltic Shields in Archean. Legend: 1 — rocks of TTG associations; 2 — supracrustal rocks of greenstone structures; 3 — volcanites of middle and acid composition; 4 — terrigenous rocks; 5 — granites; 6 — intrusives of basic and ultrabasic composition; 7 — layered intrusions; 8 — subalkaline rocks — sanukitoides, latite-monzonites, sienites; 9 — carbonatites, nepheline syenites; 10 — granulitic metamorphism; 11 — clastic zircon

дого этапа гранулитового метаморфизма составляет 2750 млн лет [18]. Плутонические породы пояса представлены тоналит-трондьемитовой ассоциацией возрастом 2800—2700 млн лет. Породы повсеместно мигматизированы. Главные особенности Беломорского пояса, отличающие его от смежных провинций, таковы: 1 — широкое развитие метаосадочных пород, благодаря которому он может рассматриваться как парагнейсовый пояс аналогично поясу Инглиш-Ривер провинции Сьюперior Канадского щита; 2 — сложная структурно-метаморфическая эволюция; 3 — проявление позднего высокобарического гранулитового метаморфизма; 4 — присутствие эклогитов [33]; 5 — широкое развитие на северо-западе пород ТТГ серии с положительными значениями ε_{Nd} , т. е. образованными из источника без коровой предыстории; 6 — более глубинное геологическое положение БП в протерозое и его поднятие на уровень ФКП в конце палеопротерозоя [24]. Главный дискуссионный вопрос в настоящее время — произошли ли на территории пояса две коллизии или только одна, палеопротерозойская. В работе [61] обоснован архейский возраст покровообразования на основе картирования границ покровов. Время архейской коллизии, соотнесенное с высокобарическим метаморфизмом, оценивается в 2740—2650 млн лет [41]. В то же время такие особенности БП, как присутствие пластин, сложенных архейскими эклогитами, формирование преимущественно тоналитовых покровов с модельным Nd возрастом ~2,7 млрд лет, платформенный характер развития Кейвского террейна (осадконакопление и магматизм 2674—2663 млн лет назад) [30], согласуются с моделью палеопротерозойского возраста коллизии. Имеются многочисленные факты наложения надвиговых структур на базитовые интрузии возрастом 2,45—2,0 млрд лет [136], известные в литературе как "друзиты" [96]. В пользу вывода об отсутствии архейской коллизии свидетельствует и характер интрузивного мафитового магматизма в Беломорской зоне в предполагаемый период архейской коллизии: 2780 ± 11 млн лет — возраст расслоенной мафит-ультрамафитовой Подужемской интрузии [16], ~2700 млн лет — расслоенные интрузии габбро-норитов к югу от Нотозера (не опубл. данные авторов), 2693 млн лет — пластовое тело габбро-норитов в районе Ту-

пой Губы [66]. Внутреннее строение этих интрузий не соответствует обстановкам тектонического сжатия, но наилучшим образом соответствует кристаллизации мафитовых магм в относительно спокойной тектонической обстановке.

Кольско-Норвежская провинция (КНП) занимает северную часть щита. На юго-западе она граничит с БП, отделяющим ее от Фенно-Карельской провинции. В связи с активными эндогенными процессами в палеопротерозое КНП имеет более сложное строение, чем ФКП. В ее составе выделяют Мурманский блок или кратон и Кольский домен, представляющий собой протерозойский коллаж архейских террейнов, сложенных супра- и инфра-крупными комплексами, метаморфизованными в условиях амфиболитовой и гранулитовой фаций. Главные террейны домена — Кольско-Норвежский и Кейвский.

Кольско-Норвежский террейн сформирован в протерозое и охватывает палеопротерозойский Лапландский гранулитовый пояс [83, 129]. Кольско-Норвежский террейн сложен преимущественно тоналитами — эндебитами и метаморфическими породами кольской серии с преобладанием метаосадков [83], представленных гранат-силлиманит-кордиерит-биотитовыми гнейсами, которые интерпретируются как граувакки и пелиты [80]. Для древнейших метаморфических цирконов получены значения возраста 2,83 млрд лет [17, 125], 2,90 [135] и 2,91 [75]. Имеющиеся для метаосадков Sm-Nd данные указывают на их образование из источников мезоархейского возраста. Важным элементом строения террейна служат зеленокаменные пояса: Колмозеро-Вороньинско-Урагубский, Тана-Корватундровский, Терско-Аллареченский. Они сложены коматиитами, толеитами, в меньшем количестве кислыми и средними вулканитами и метаосадками: гранат-биотитовыми парагнейсами (метаграувакками) и полимиктовыми конгломератами [34, 83, 85]. Возраст коматиитов, определенный с помощью Sm-Nd изохронного датирования по породе в целом, равен 2,83 млрд лет [83], как и возраст базальт-андезит-дацитовой ассоциации [125, 134]. Наибольшее значение — 2922 млн лет — получено для Терско-Аллареченского зеленокаменного пояса [35]. Более молодой возраст (2,76 млрд лет) получен для вулканитов Оленегорской структуры Терско-Аллареченского

пояса [134], которая отличается промышленным содержанием железистых кварцитов.

Для формирования Колмозеро-Вороньинско-Урагубского пояса предложены две модели. Согласно первой, мафитовая ассоциация представляет собой офиолиты (реликты океанической коры), зажатые между террейнами при коллизии [72], по второй — базальт-коматиитовая ассоциация продуцирована мантийным плюмом [35]. Становление пород тоналит-трондьемитовой серии в пределах Кольского домена происходило непрерывно в интервале 2,9—2,6 млрд лет. Формирование наиболее ранних интрузий приурочено к северо-западной части домена [135, 149]. К древнейшим породам КНП относятся тоналиты из сверхглубокой скважины возрастом 2,9 млрд лет [20], гнейсы такого же возраста на западе провинции [135] и габбро-анортозиты массива Патчемварака возрастом 2,92 млрд лет [134]. Признаки палеоархейского вещества возрастом 3,6 млрд лет обнаружены в виде детритовых цирконов в гнейсах кольской серии [74] и в протерозойских гранулитах [128]. При этом Nd модельные значения возраста этих пород не превышают 3,2 млрд лет [56, 75, 81, 147].

Кейвский террейн сложен супракрустальными и интрузивными породами, большинство из которых уникальны для архея БЩ. Внутреннее строение террейна недавно рассматривалось как результат совмещения отдельных породных ассоциаций в палеопротерозое [72, 128]. К супракрустальным породам принадлежат кислые метавулканы возрастом 2,87 млрд лет [15], высокоглиноземистые породы, метапесчаники и кварциты [83]. Высокоглиноземистые породы представлены крупнозернистыми гранат-, кианит-, ставролит-, силлиманитсодержащими сланцами, не имеющими аналогов на БЩ. Метаосадки как продукт переотложения пород нижних частей разреза и окружающих гранитоидов были образованы в условиях протоплатформенного режима [30]. Ранее они были сопоставлены с кварцитами Маткалахтинского пояса Водлозерского домена [95]. Архейская история КНП завершилась внедрением анорогенных интрузивных пород разного состава, сформированных в течение небольшого интервала времени. В Кейвском террейне они представлены ассоциациями габбро-лабрадоритов, субщелочных и щелочных пород, гранитами, сформированными 2664—2674 млн лет назад [14, 30]. Более

молодой возраст (2613 ± 35) определен для нефелиновых сиенитов — щелочных габбро [51, 150]. На основании геохимических данных все названные интрузивные серии интерпретируются как результат взаимодействия мантийного плюма и континентальной коры во внутриплитной обстановке [29].

Украинский щит (УЩ) слагает южный выступ фундамента Восточно-Европейской платформы. Щит и его склоны отделены системой рифейских краевых разломов от Припятского прогиба и Днепровско-Донецкого авлакогена — на севере, Волыно-Подольской и Молдавской плит — на западе, и Причерноморской впадины на — юге [88]. УЩ подразделяется на шесть крупных мегаблоков [37]. Три из них — Среднеприднепровский, Днестровско-Бугский и Приазовский — сложены преимущественно архейскими, Кировоградский и Волынский — протерозойскими, а Росинско-Тикичский — архейскими и протерозойскими образованиями. В данной работе рассмотрены архейские мегаблоки, которые по аналогии с БЩ названы провинциями: Среднеприднепровская, Приазовская и Днестровско-Бугская.

Среднеприднепровская провинция (СПП) — это гранит-зеленокаменная область, имеющая меньшую, чем ФКП, площадь — ~ 30000 км², отделенная на востоке глубинным Орехово-Павлоградским разломом от Приазовской провинции. Ее западной границей также служит глубинный Криворожско-Кременчугский разлом (рис. 2.1 в [116]). Породы СПП прослеживаются далеко на юг на склоне УЩ и в фундаменте Причерноморской впадины, а также на север — в фундаменте Днепровско-Донецкого авлакогена [53]. Продолжение Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области в Воронежском кристаллическом массиве занимает значительно большую площадь, чем на УЩ (рис. 1.5 в [108]).

Основные структурные элементы СПП — зеленокаменные структуры и гнейсо-гранитные ареалы. В разрезе супракрустальных пород, согласно стратиграфической схеме НСК Украины, самые нижние серии — аульская, представленная гнейсами и амфиболитами, и базавлукская, в ряде работ относимая к фундаменту зеленокаменных поясов. Амфиболиты базавлукской серии, в свою очередь, подстилают конкскую серию, слагающую нижнюю вулканогенную часть разреза зеле-

нокаменных поясов. Для СПП имеется множество определений значений возраста, полученных с помощью Sm-Nd метода по породе в целом и U-Pb метода по цирконам, подтверждающих, что все стратиграфические подразделения почти одновозрастны. Преобладают по площади на территории провинции гнейсо-тоналиты днепропетровского комплекса, которые, как и их мигматиты, имеют возраст 3200—3050 млн лет [9, 28, 47, 48, 91]. С зеленокаменными поясами тесно связаны две серии интрузий тоналит-трондьемитового состава (сурский комплекс): более ранние, имеющие возраст 3170—3100 млн лет, образуют с кислыми вулканитами вулканоплутонические ассоциации [4, 25, 26, 112, 114, 118], и более молодые возрастом 2950 ± 50 млн лет. Такой же возраст имеют некоторые вулканиты Белозерской зеленокаменной структуры. Отличительная черта расположенного на северо-западе Славгородского блока — развитие ассоциаций гранулитовой фации. Он характеризуется тем же диапазоном значений возраста, полученных на масс-спектрометре SHRIMP II — от 3016 млн лет для тонкозональных ядер до 3,0 млрд лет для метаморфических цирконов [102]. Такой же возраст (3,0 млрд лет) получен для циркона из метаморфических пород из района Томаковской гравитационной аномалии [8]. На этапе 3100—3050 млн лет одновременно с образованием тоналитов и вулканитов зеленокаменных поясов, а также их метаморфизмом происходило становление многофазных интрузий, содержащих габбро-нориты, габбро, диориты и гранодиориты (Софиевская, Александровская и др.) [5, 89, 116].

Источником осадочных пород белозерской серии Белозерской и Верховцевской структур, слагающих верхние части зеленокаменных разрезов, судя по возрасту кластогенного циркона (3,1—3,0 млрд лет) были вулканиты конкской серии и окружающие тоналитогнейсы, которые ко времени формирования осадков были подняты с уровня амфиболит-гранулитовой фации на поверхность и служили источником сноса для осадочных образований [21, 116]. Это указывает на незначительный перерыв в их геологическом развитии. Внедрение гранитов, слагающих Мокромосковский, Токовский и другие массивы, произошло через 100 млн лет после формирования тоналит-зеленокаменной ас-

социации. Возраст Мокромосковского массива равен 2827 ± 7 млн лет [116]. Становление массивов постскладчатых гранитов рассматривается как этап ранней активизации древнего кратона [116]. Протерозойские образования развиты на западном крае СПП и представлены криворожской серией, которая вместе с прорывающими ее гранитами образует Криворожско-Кременчугскую шовную зону. В ее пределах находится Криворожское железорудное и Желтореченское урановое месторождения [117, 120]. С востока к криворожской серии примыкает Восточно-Анновская полоса осадочно-вулканогенных пород, не имеющих однозначной трактовки стратиграфического положения. В ее строении принимают участие кварциты, железисто-кремнистые и карбонатные породы, а также мощные пачки амфиболитов, интродуцированных гранитами возрастом ~ 2600 млн лет [116].

Приазовская гранулит-гнейсовая (ГПП) или гранулит-зеленокаменная провинция занимает восточную часть УЩ (рис. 2.1 в [116]). На севере она граничит с Днепровско-Донецким авлакогеном, на западе отделена от Среднеприднепровской провинции Орехово-Павлоградским глубинным разломом, на юге ограничена акваторией Азовского моря. Эту территорию изучали многие геологи — Г.В. Жуков, Е.Б. Глевасский, Н.П. Щербак, Г.В. Артеменко, К.Е. Есипчук, А.Б. Бобров и др. Результаты изложены в статьях и монографиях ([116, 122] и ссылки в них).

Большая часть современного среза провинции сложена мигматитами и гранитоидами, содержащими фрагменты супракрустальных пород, относимых к западно- и центрально-приазовской сериям. Первая сложена главным образом гнейсами и амфиболитами, в небольшом объеме — железистыми кварцитами и располагается в основном в центральной части провинции [42, 123]. Вторая состоит преимущественно из метаосадков (кварцитов, железистых кварцитов, мраморов, кальцифиров, графитовых и глиноземистых гнейсов) и в меньшем объеме — метавулканитов (амфиболитов и основных кристаллосланцев). В ряде районов в связи с разработкой месторождений железистых кварцитов установлена значительная мощность осадков центральноприазовской серии, достигающая многих сотен метров [42, 46]. Породы центральноприазовской серии располагаются в

западной и восточной частях Приазовской провинции [42].

Наиболее полно архейские супракрустальные породы сохранились в зеленокаменных поясах, таких, как Сорокинский и Косивцевский, преобладающими породами нижних частей которых служат метакоматииты и metabазальты, а верх разреза Сорокинской структуры представлен метаосадочными образованиями. О возрасте супракрустальных пород обеих серий существуют разные представления, диапазон рассматриваемых значений — от палеоархея до протерозоя. Последние данные, полученные с помощью U-Pb и Sm-Nd методов для амфибол-биотитовых гнейсов западноприазовской серии, свидетельствуют об их мезоархейском (3,1—2,95 млрд лет) возрасте [22]. Аналогичный возраст определен для вулканитов зеленокаменных поясов Приазовья, что сближает их с зеленокаменными поясами Приднепровья [11, 116].

Крайне важный момент для понимания геологической истории региона — возраст центральноприазовской серии, который в настоящее время надежно не определен, установленная верхняя возрастная граница этой серии по повсеместно прорывающим ее гранитам — ~2 млрд лет [116]. Те авторы, которые относят центральноприазовскую серию к протерозою, опираются, в связи с приуроченностью к ней железорудных месторождений, на аналогию с палеопротерозойской криворожской серией [52]. Г.Л. Кравченко [58], ссылаясь на полученное им значение возраста сфена — 2,5 млрд лет, относит центральноприазовскую серию к архею. Архейские значения возраста получены и для гранитов, расположенных среди метаосадков темрюкской свиты этой серии [116], однако сведений о том, что граниты прорывают метаосадочные породы, нет.

Из приведенных выше данных следует, что западноприазовская серия имеет мезоархейский возраст, а центральноприазовская — неоархейский или палеопротерозойский. Поскольку последняя сложена протоплатформенной ассоциацией пород, она отмечает важный тектонический этап в развитии Приазовья.

Западная часть Приазовской провинции выделяется как Орехово-Павлоградская зона. Она неоднородна по строению: в ее южной части на современном эрозионном срезе располагается Новогоровская зеленокаменная

структура, по составу и возрасту аналогичная зеленокаменным поясам Приазовской и Среднеприднепровской провинций, а центральная и северная части сложены крутозалегающими линзами и пластинами палеоархейских пироксенитов и тоналитов, продуктов их расщепления (биотит-гранатовых гнейсов), мезоархейских амфиболитов, метаосадков центральноприазовской серии [1, 43, 65, 68, 77, 116, 121]. Эта структура отличается от остальной территории Приазовской провинции повсеместно и значительно проявленными эндогенными процессами палеопротерозойского (2080—2100 млн лет) возраста: складчатыми деформациями, надвигами и интенсивным метаморфизмом амфиболит-гранулитовой фации, мигматизацией. В результате тектонических процессов на современном срезе в этой зоне оказались древние тоналиты возрастом 3,5—3,65 млрд лет [7, 17, 67, 121, 145]. Следствием палеопротерозойской высокотемпературной бластомилонитизации стало превращение тоналитов в биотит-гранатовые гнейсы [67, 68].

Супракрустальные породы на всей территории Приазовской провинции претерпели сложную историю деформаций. Преобладают субмеридиональные структуры, которые или отражают протерозойские деформации коллизионного этапа, датированные в Орехово-Павлоградской зоне, или представляют собой результат архейской и протерозойской тектоники. Заведомо архейские структуры в амфиболитах западноприазовской серии сохраняются в центре Салтычанского купола, где они прорываются мезоархейскими диоритами обиточненского комплекса [22] и имеют субширотное простирание, что прекрасно видно на карте магнитных аномалий.

В целом, на территории Приазовья установлены такие этапы архейского интрузивного магматизма: 1. Становление древнейших тоналитов возрастом 3,5—3,65 млрд лет. В настоящее время они обнажены в Орехово-Павлоградской зоне на Новопавловском и Васильковском участках. Наличие древних (3,6—3,7 млрд лет) детритовых цирконов в осадках зеленокаменных поясов этой провинции свидетельствует об их значительно большем распространении в прошлом. Большой объем древнего детритового материала в изученных ассоциациях пород определил повышенный по сравнению с Центральным При-

азовьем $T_{DM}(\text{Nd})$, равный 3,42–3,2 млрд лет [6, 21, 69].

2. 3000–2850 млн лет — обиточненский комплекс, сложенный габбро, диоритами, гранодиоритами и дайками горнблендитов [10, 12, 22, 116]. Большое количество интрузий этого этапа расположено в Салтычанском куполе. Они имеют модельный возраст $T_{DM}(\text{Nd})$ не более 3,2 млрд лет [22]. Аналогичные по возрасту и составу мафитовые дайки присутствуют и в Васильковском районе Орехово-Павлоградской зоны [65]. Такой же (~3 млрд лет) возраст предполагается и для осадконакопления крутобалкинской свиты Сорокинской структуры [116].

3. 2850–2800 млн лет — шевченковский комплекс, представленный интрузиями тоналитов-трондьемитов и их мигматитами, развитыми на всей территории [22, 116].

4. ~2700 млн лет — эндербиты Западного Приазовья. Не исключено, что они датируют неоархейский гранулитовый метаморфизм [116].

Магматизм и деформации протерозойского этапа широко проявлены в Приазовье. На этапе, близком к 2 млрд лет, супракрустальные породы обеих серий были интенсивно деформированы, метаморфизованы в амфиболитовой и гранулитовой фациях и мигматизированы. Можно предполагать, что эти процессы происходили одновременно с таковыми в Орехово-Павлоградской зоне, где возраст надежно определен с помощью U-Pb *SHRIMP* метода — 2070–2100 млн лет.

Днестровско-Бугская провинция — типичная гранулит-гнейсовая область, сложенная преимущественно архейскими породами. Провинция находится в юго-западной части УЩ и ее западная и юго-западная границы служат и границами щита. На западе провинцию ограничивают Ровенский и Приднестровский разломы, северо-западная граница с Волынской провинцией обычно проводится по Андрушевской или Тетеревской зонам разломов. В последние годы юго-восточную часть провинции (Голованевский блок) выделяют как Голованевскую шовную зону [117].

Гранулитовый комплекс представлен гиперстеновыми плагиогнейсами, гиперстеновыми и двупироксеновыми кристаллосланцами, метаморфизованными породами ультраосновного состава, гранат-биотитовыми гнейсами, глиноземистыми гнейсами, мономинеральными

и железистыми кварцитами, кальцифирами и др. Относительно генезиса этих образований среди геологов существует несколько точек зрения. Например, большинство исследователей предполагает первично-осадочную природу для карбонатных, высокоглиноземистых и некоторых других пород, а также кварцитов; кристаллосланцы, гиперстен-плагиоклазовые и другие типы гнейсов некоторые исследователи [78] относят к первично-осадочным (вулканогенно-осадочным) образованиям, а другие — к продуктам дебазификации первичной базитовой [31, 122] или анортозитовой [79] коры.

Протолитом гиперстен-плагиоклазовых гнейсов были магматические породы, о чем свидетельствует анатомия кристаллов циркона. Ранняя "магматическая" генерация циркона в них представлена идиоморфными ядрами с тонкой концентрической зональностью, повторяющей контур ядра. В то же время весьма значительная изменчивость состава гиперстеновых плагиогнейсов и закономерное (ритмичное) чередование их с другими ассоциирующими с ними породами (гиперстеновые и двупироксеновые кристаллосланцы, гранат-биотитовые гнейсы и др.) [78] свидетельствуют, вероятнее всего, о первичной вулканогенно-осадочной природе этих образований. Не исключено, что бимодальная серия тывровской толщи — результат магматической ликвации, проходившей в особых термодинамических условиях на ранних этапах формирования земной коры.

Согласно корреляционной хроностратиграфической схеме раннего докембрия УЩ [57], супракрустальные образования Днестровско-Бугской провинции (мегаблока) расчленены на две серии: палеоархейскую днестровско-бугскую и неоархейскую бугскую. Днестровско-бугская серия представляет собой достаточно мощную толщу, сложенную переслаиваемыми гиперстеновыми и двупироксеновыми плагиогнейсами, биотит-гранатовыми гнейсами, двупироксеновыми, гиперстеновыми, часто содержащими амфибол (\pm гранат) кристаллосланцами, реже — железистыми кристаллосланцами и кварцитами, спорадически — карбонатными породами [57], в виде разрозненных останцев среди чарнокитоидов, бердичевских и побужских гранитов и мигматитов. Достаточно обширные выходы пород этой серии отмечены в среднем и верхнем те-

чении р. Южный Буг и его притоков, левобережье р. Днестр, а также в верховьях рек Тетерев и Случ. В составе днестровско-бугской серии выделяются пять толщ (снизу вверх): тывровская, гниванская (одновозрастная с ней павловская), березнинская (одновозрастная с ней зеленолевадовская).

Бугская серия сложена многократно переслаивающимися в разрезе мономинеральными, полевошпатовыми и железистыми кварцитами, гранат-биотитовыми, силлиманит-гранат-биотитовыми, графитсодержащими и пироксен-плагиоклазовыми гнейсами, а также пироксен-плагиоклазовыми кристаллосланцами и кальцифирами. По разным оценкам, общая мощность серии достигает 2000–3000 м. В ее составе выделяют две свиты [57]. Нижняя, кошаро-александровская (до 800 м), представлена преимущественно кварцитами, высокоглиноземистыми породами и основными кристаллосланцами. В верхней, хашевато-завальевской (до 2000 м), широко развиты карбонатные породы, графитовые, биотитовые, пироксен-плагиоклазовые гнейсы, а также железистые кварциты, ассоциирующие с пироксенсодержащими гнейсами и основными кристаллосланцами. Обобщенные разрезы этих свит приведены в [107].

Для определения времени формирования пород нижней (тывровской) толщи днестровско-бугской серии в разное время было выполнено несколько датировок с применением уран-свинцового изотопного метода по циркону, главным образом из гиперстеновых плагиогнейсов (эндербитогнейсов [59]). С помощью классического уран-свинцового изотопного метода для цирконов из эндербитогнейсов, распространенных северо-западнее с. Завалье (карьеры Казачий Яр и Одесский), был получен ряд датировок: 3,1 млрд лет [59], несколько позже — 3,4 млрд лет [61]. Значительное расхождение значений, по нашему мнению, вызвано "омоложением" цирконов, обусловленным тем, что на древние ядра магматогенного циркона нарастает несколько, в отдельных кристаллах более двух, оболочек [103]. Более точный возраст (3,65 млрд лет) был получен на ион-ионном микрозонде *Cameca* [126] для ранней генерации сложных кристаллов циркона из этих же эндербитогнейсов.

На сегодня возраст пород бугской серии достоверно неизвестен. Большинство исследо-

вателей относит эту серию к неогархею [57], некоторые предполагают, что она была сформирована в палеогархее [78] или палеопротерозое [124]. Поскольку в разрезе бугской серии достоверно не известны вулканогенные породы кислого состава, установить время ее формирования пытались [60, 105], определив нижнюю и верхнюю возрастные границы. Для этого были датированы цирконы из кварцитов кошаро-александровской свиты, распространенные в Шамраевской синклинали структуре. Однако в первом случае [60] были проанализированы валовые пробы циркона и вследствие нарастания молодых оболочек на ядрах кластогенного циркона полученные значения возраста занижены относительно усредненного возраста кластогенного циркона и не могут быть приняты в качестве нижней возрастной границы, а во втором [105] после аэробразии кристаллов циркона в пробе остались самые твердые ядра, имеющие возраст 2820 ± 20 млн лет, который, учитывая весьма молодой возраст секущих гранитов ($1980 \pm 1,7$ [99] и 2012 ± 1 млн лет [105]), не наилучшим образом характеризует нижнюю возрастную границу бугской серии. Поэтому в рамках проекта с помощью метода вторичных ионов были изучены уран-свинцовые изотопные системы ядер в кристаллах кластогенного циркона из кварцита кошаро-александровской свиты бугской серии, слагающего базальный горизонт разреза Кошаро-Александровской синклинали структуры и обнажающегося в левом берегу р. Южный Буг в районе с. Кошаро-Александровка. Согласно полученным данным, ядра кластогенного циркона в изученных кварцитах образовались 3,5–2,7 млрд лет назад. Возраст монацита, вероятно, сингенетичного циркону оболочек, $2062,4 \pm 4,4$ млн лет. Поскольку наиболее молодым источником для образования кварцитов были породы возрастом 2,7 млрд лет, то возраст кварцитов, представленных зрелой (рециклированной) фацией, должен быть еще моложе. Породы днестровско-бугской серии претерпели несколько этапов структурно-метаморфических преобразований. Гранулитовому метаморфизму они, вероятно, подверглись $\sim 3,2$ – $3,1$ млрд лет тому назад, о чем свидетельствуют две изохронные датировки по светло-розовым и "драгоценным" цирконам [61, 82]. По мнению [126], это событие имело место около 2,8 млрд лет назад. Близ-

кие значения возраста — 2,8 [61] и 2,7 млрд лет [97, 100] получены с помощью классического уран-свинцового изотопного метода по цирконам из гранат-биотитовых гнейсов и цирконам из основных и ультраосновных кристаллосланцев соответственно. Еще меньшие значения возраста (2,38—2,32 млрд лет) получены для цирконов из метапироксенита (2,32 млрд лет [97, 100]), основного кристаллосланца (2,36 млрд лет [97, 100]), гранита (2379 ± 76 млн лет [20]) и гранат-биотитового гнейса (2324 ± 180 млн лет [98, 100]), что может свидетельствовать о значительных масштабах проявления эндогенных преобразований этого этапа.

Последнее проявление эндогенных процессов в породном комплексе этой провинции происходило в возрастном интервале 2,06—1,94 млрд лет асинхронно в разных блоках провинции, с постепенным снижением значений *PT* от гранулитовой до амфиболитовой фации. Проявления процессов, протекавших в условиях гранулитовой фации, фиксируются формированием относительно небольших массивов чарнокитов $2058 \pm 0,8$ млн лет назад в Первомайском блоке, антипертитовых эндербитов — 2026 ± 6 млн лет назад в Ятранском блоке, анатектических линзовидных и жильных тел антипертитовых эндербитов — $1992,7 \pm 2,1$ млн лет назад в Гайворонском блоке Среднего Побужья, а также достаточно крупных массивов антипертитовых эндербитов — 2060—2040 млн лет назад в Верхнем Побужье [106].

Эндогенные процессы, происходившие в условиях амфиболитовой фации, привели к формированию биотит-гранатовых, часто кордиеритсодержащих гранитов бердичевского типа и биотит-микроклиновых гранитов хмельниковского типа в Верхнем Побужье и отдельных блоках Среднего Побужья и Приднестровья. Чуть позже произошли структурно-метаморфические преобразования даек (основных пород) габброидов в амфибол-двупироксеновых гранатсодержащих, реже — биотитсодержащих кристаллосланцах (сопровождавшиеся кристаллизацией циркона): 2000—2030 млн лет назад в Верхнем Побужье [100] и ~1950 млн лет назад в Среднем Побужье [61, 100, 104].

Весьма неожиданные результаты были получены с помощью Sm-Nd изотопного метода [44, 101, 126]. Наиболее древние значения воз-

раста (ДМ) (3,9—3,6 млрд лет) получены для пород тывровской толщи днестровско-бугской серии и чарнокитоидов гайворонского комплекса. Гранитоиды бердичевского комплекса сформированы в конце палеопротерозоя за счет анатектической переработки палеопротерозойского субстрата (возраст по ДМ — 2,35—2,47 млрд лет) [27, 44, 100, 117]. Породы березнинской толщи днестровско-бугской серии, распространенные в Верхнем Побужье, также палеопротерозойские образования не древнее 2,6 млрд лет [44].

Таким образом, в геологической истории формирования архейской эоны (3,6—2,5 млрд лет) УЩ устанавливается несколько этапов геолого-тектонического формирования породных ассоциаций и комплексов.

Палеоархейский (3,6—3,2 млрд лет) — формируется земная кора в Бугско-Приазовском протократоне или микроконтиненте, состоящая из базит-тоналитовой ассоциации пород — метатоналиты, метабазиты. Реликты этих образований сохранились в двух террейнах: Приазовском (Новопавловский и Васильковский участки) и Днестровско-Бугском (Гайворон-Завальевский участок).

В мезоархее (3,2—2,8 млрд лет) намечается два этапа: в первой половине 3,2—3,0 млрд лет назад в условиях спрединга и субдукции формируется ассоциация пород конкской серии Среднеприднепровского мегаблока; во второй — 3,0—2,8 млрд лет назад проявился гранитоидный магматизм в Среднеприднепровском мегаблоке (мокротосковский и токовский комплексы), а также дифференцированный обиточненский комплекс — от габбро до гранодиоритов. В Днестровско-Бугском мегаблоке в это время происходил интенсивный высокотемпературный метаморфизм, приведший к образованию пород гранулитовой фации.

В неоархее (2,8—2,6 млрд лет) в Днестровско-Бугском мегаблоке формируются тектонические впадины (Кошаровская и Хашеватская) на фундаменте, сложенном палеоархейскими образованиями, а в стабильном Среднеприднепровском мегаблоке — мощные коры выветривания, которые были источником материала для образования рудоносной формации криворожской серии палеопротерозойского возраста. Следует подчеркнуть, что в геолого-тектонической истории формирования породных ассоциаций архея на-

мечаются элементы цикличности — длительность каждого цикла составляет 200—400 млн лет.

Сравнительная эволюция формирования главных породных ассоциаций и комплексов Украинского и Балтийского щитов в архее (3,6—2,5 млрд лет). Как следует из приведенных выше изотопно-геохимических и геохронологических данных, Украинский и Балтийский щиты имеют много общих черт по рубежам датирования ассоциаций пород, петрологического и тектонического развития (рисунок).

I. Сравнивая гранит-зеленокаменные области — Среднеприднепровскую и Фенно-Карельскую провинции — мы видим, что они имеют принципиально сходное строение: основная площадь занята в различной степени мигматизированными гнейсами и гранитоидами тоналит-трондьемитовой серии и ~10 % территории занимают зеленокаменные структуры. По геофизическим данным, они выклиниваются на глубине 4—10 км [131]. Супра-крустальные породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой низкотемпературной амфиболитовой фации, локально проявлен гранулитовый метаморфизм. Проведенное ранее сравнение зеленокаменных поясов [49] показало принципиальное сходство их разрезов и отличие от разрезов зеленокаменных ассоциаций архейских кратонов Западно-Австралийского и Южно-Африканского щитов [112, 115].

II. Сравнение состава metabазальтов зеленокаменных поясов ФКП и СПП [3] продемонстрировало их геохимическое сходство, которое определяется образованием из геохимически идентичных глубинных плюмовых мантийных источников, отличных от источника MORB и базальтов островных дуг [2, 3]. В обеих ГЗО присутствуют массивы постскладчатых двуполевошпатовых гранитов.

III. Между этими двумя провинциями установлены важные геологические различия: достаточно однородное геологическое строение коры СПП, формирование пород в течение узкого интервала времени; U-Pb возраст пород близок к модельному Nd возрасту источников, что указывает на преимущественно ювенильный характер основных пород и образование кислых пород без длительной коровой предыстории; ее монолитное поднятие, обеспечившее соответствующий (3,2—3,0 млрд лет) возраст кластогенных цирконов в осадках белозерской серии. ФКП формировалась за

счет значительно большей площади, состоит из нескольких доменов, различающихся по возрасту пород современного среза, возрасту нижних частей коры, длительностью истории геологического развития. На ее территории выявлены участки, сложенные тоналит-трондьемитовыми гнейсами возрастом 3,5—3,7, 3,3 и 3,1 млрд лет (рисунок).

IV. Зеленокаменные ассоциации и гнейсо-тоналитовые ареалы, образованные одновременно в СПП (3,2—2,95 млрд лет) и в разное время в ФКП: в Водлозерском домене ТТГ ассоциации (3,25—3,10 млрд лет) сформировались на 100 млн лет ранее зеленокаменных пород (3,0—2,9 млрд лет), а в Центрально- и Западно-Карельском доменах ТТГ формировались непрерывно в период 3,2—2,7 млрд лет, а зеленокаменные пояса — в течение короткого периода времени: 2,85—2,74 млрд лет.

V. Разрезы зеленокаменных поясов также различны: повсеместно присутствует в разрезах СПП большой объем железисто-кремнистой формации, в ФКП железистые кварциты присутствуют только в осадочной части разреза Костомукшского пояса. Кроме того, на западе ФКП располагается парагнейсовый пояс Иломантси-Нюк.

VI. По данным K-Ar метода, значительная часть датировок по слюдам и амфиболам для ФКП (за исключением Водлозерского домена) соответствует интервалу 1800—1700 млн лет [40], что указывает, наряду с наличием сумийских кор выветривания, на палеопротерозойский возраст воздымания территории. K-Ar возраст амфиболов СПП преимущественно неархейский, что указывает на иную тектоническую историю, а именно на более ранний подъем этой области. Об этом же свидетельствует, как отмечено выше, возраст кластогенных цирконов осадков.

VII. В ФКП широко проявлены мигматизация и интрузии калиевых гранитов возрастом $2,7 \pm 0,02$ млрд лет, эти процессы в значительной степени затушеввали проявления более ранних событий. В СПП посттектонические граниты образуют более древние (~2,8 млрд лет) единичные массивы, но они при этом значительно крупнее, а породы тоналит-трондьемитовой серии сохранились значительно лучше.

VIII. Установлено разновременное формирование аналогичных типов пород и ассоциаций (рисунок), например — зеленокаменных

поясов и ТТГ. В СПП их становление происходило 3,2—2,95 млрд лет назад, в ФКП зеленокаменные пояса формировались в два этапа — 3,0—2,95 и 2,85—2,74 млрд лет, время образования пород ТТГ серии варьирует. Различаются по времени также мигматизация и становление двуполевошпатовых гранитов.

IX. Для обеих провинций ФКП и СПП типоморфны месторождения и рудопроявления Fe, Ni, Cu, Zn, однако для Карелии более типичны колчеданные месторождения, а для Приднепровья — железорудные.

X. Во время палеопротерозойского этапа в Фенно-Карельской гранит-зеленокаменной области активно проявились эндо- и экзогенные процессы, повсеместно были образованы осадочно-вулканогенные серии (2,45—1,77 млрд лет), А-типа граниты, мафит-ультрамафитовые расслоенные интрузии (2,45—2,4 млрд лет). В Среднеприднепровской провинции осадочные или магматические породы развиты в западной окраине СПГЗО на границе с Кировоградской провинцией, где они слагают Криворожско-Кременчугскую структуру.

XI. Гранулит-гнейсовые или гранулит-зеленокаменные провинции: Кольско-Норвежская и Приазовская характеризуются как сходством в строении и геологической эволюции, так и различиями. Общие черты таковы:

— развитие гранулит-гнейсовых ассоциаций и зеленокаменных поясов на современном эрозионном срезе, поэтому эти провинции могут быть названы гранулит-зеленокаменными;

— отличия для архейского этапа заключаются в значительном интрузивном мафитовом магматизме в Приазовье, представленном метагаббро, габбро-диоритами, дайками габбро и горнблендитов, в то время как для Кольско-Норвежской провинции характерны массивы габбро-анортозитов.

Сходство между этими двумя провинциями заключается в региональном проявлении палеопротерозойских деформаций с признаками формирования надвиговых структур и развитием второго гранулитового метаморфизма, связанного с этими деформациями.

XII. Таким образом, Украинский и Балтийский щиты имеют сходный общий тренд развития. На обоих щитах древнейшие породы представлены тоналитами, палео- и эоархейский возраст детритовых цирконов свидетельствует о значительном развитии древнейших пород, не соответствующих их роли на современном эрозионном срезе. На щитах развиты сходные тектонические структуры (гранит- и гранулит-зеленокаменные), неоднократно был проявлен гранулитовый метаморфизм (рисунок), аналогичными были и глубинные источники метабазальтов зеленокаменных поясов.

XIII. Наиболее существенные различия — отставание во времени образования формаций БЩ, что отмечалось и ранее [107], значительное участие в строении супракрустальных формаций УЩ железисто-кремнистых пород, интенсивная мигматизация с К-лейкосомой 2,7—2,75 млрд лет назад и анорогенный, разный по составу, включая щелочной и карбонатитовый, магматизм 2740—2623 млн лет назад на БЩ, в то время как на УЩ он проявлен в протерозое.

XIV. В целом по комплексу критериев — геолого-структурных, петрологических, геохронологических и изотопно-геохимических — геологическая история формирования породных ассоциаций и рудных формаций раннего докембрия Украинского и Балтийского щитов имеют значительно больше общих черт, чем различий. Следует отметить, что главное сходство между рассматриваемыми щитами сводится к тому, что гранит-зеленокаменные ассоциации и связанные с ними рудные формации в пределах УЩ и БЩ проявлены преимущественно в мезоархейскую эру, тогда как на Западно-Австралийском и Южно-Африканском щитах гранит-зеленокаменные ассоциации широко развиты в палео-, мезо- и неоархее. Кроме того, мощность разрезов и длительность формирования гранит-зеленокаменных ассоциаций докембрийских щитов Южного полушария более значительны [112].

Работа выполнена по проектам № 48/08 Ф НАН Украины и РФФИ VI № 08-05-90416 Укр_а.

1. Азаров Н.Я., Анциферов А.В., Шеремет Е.М. и др. Геолого-геоэлектрическая модель Орехово-Павлоградской шовной зоны Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 2005. — 190 с.
2. Арестова Н.А. Природа базальтов архейских зеленокаменных поясов Балтийского щита : источники и геодинамические режимы формирования (на основе анализа геохимических данных) // Регион. геология и металлогения. — 2008. — № 36. — С. 28—39.

3. *Арестова Н.А., Артеменко Г.В.* Сравнение базитов архейских зеленокаменных поясов Балтийского и Украинского щитов с современными базальтами : источники и геодинамика (на основе анализа геохимических данных) // Гранит-зеленокаменные системы архея и их поздние аналоги : Материалы науч. конф. и путеводитель экскурсий. — Петрозаводск : КНЦ РАН, 2009. — С. 12—15.
4. *Артеменко Г.В.* Геохронологическая корреляция вулканизма и гранитоидного магматизма юго-восточной части Украинского щита и Курской магнитной аномалии // Геохимия и рудообразование. — 1995. — № 21. — С. 129—154.
5. *Артеменко Г.В.* Два типа архейских дифференцированных интрузий в Среднеприднепровском блоке // Минерал. журн. — 1997. — 19, № 1. — С. 56—67.
6. *Артеменко Г.В.* Нижняя возрастная граница осадочных пород в Сорокинской и Федоровской грабен-синклиналях (Приазовье) // Там же. — № 6. — С. 77—81.
7. *Артеменко Г.В., Демедюк В.В., Довбуш Т.И.* 3400 млн лет — минимальный возраст тоналитов Васильковского участка Орехово-Павлоградской зоны // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. Геол. — 1998. — № 6. — С. 126—130.
8. *Артеменко Г.В., Демедюк В.В.* Возрастная корреляция высокометаморфизованных осадочных толщ Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков Украинского щита // Тез. изотоп. конф. — М., 2006. — С. 60—65.
9. *Артеменко Г.В., Демедюк В.В., Переверзев С.И. и др.* Возраст метаморфизованных осадочных пород токмаковской и драгунской толщ восточной части Украинского щита // Минерал. журн. — 2006. — 28, № 1. — С. 68—72.
10. *Артеменко Г.В., Лобач-Жученко С.Б., Бибикина Е.В.* Геология, возраст и состав архейских горнблендитов Западного Приазовья // Геол. журн. — 2008. — № 2. — С. 38.
11. *Артеменко Г.В., Татарникова Е.А., Попов Н.И. и др.* Возрастная последовательность формирования Сорокинской зеленокаменной структуры // Там же. — 2001. — № 3. — С. 78—84.
12. *Артеменко Г.В., Татарникова Е.А., Бородин Б.В., Довбуш Т.И.* Возраст интрузий Салтычанского антиклинория // Минерал. журн. — 2003. — 25, № 2/3. — С. 93—96.
13. *Байкова В.С., Лобач-Жученко С.Б., Левченко О.А. и др.* Новые данные о геологическом положении и возрасте гранулитов Карелии // Докл. АН СССР. — 1984. — 277, № 2. — С. 442—444.
14. *Баянова Т.Б.* Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. — СПб. : Наука, 2004. — 174 с.
15. *Беляев О.А., Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б. и др.* Позднеархейский возраст кислых метавулканитов района малых Кейв (Кольский полуостров) // Докл. РАН. — 2001. — 379, № 5. — С. 651—654.
16. *Березин А.В.* Геология и рудоносность базитовых интрузий Подужемской структурной зоны : Автореф. дис. ... канд. геол. наук. — М. : ВСЕГЕИ, 2009. — 24 с.
17. *Бибикина Е.В.* Уран-свинцовая геохронология ранних этапов развития древних щитов. — М. : Наука, 1989. — 179 с.
18. *Бибикина Е.В., Богданова М.Н., Кирилова Т.И., Макаров В.А.* О возрасте ортогнейсов Северо-Западного Беломорья // Докл. АН СССР. — 1990. — 315, № 2. — С. 446—470.
19. *Бибикина Е.В., Борисова Е.Ю., Пругова Г.М., Макаров В.А.* Метаморфическая история и возраст глиноземистых сланцев Беломорского пояса, Балтийский щит // Геохимия. — 1997. — № 9. — С. 883—893.
20. *Бибикина Е.В., Ветрин В.Р., Кирилова Т.И. и др.* Геохронология и корреляция пород нижней части разреза Кольской сверхглубокой скважины // Докл. РАН. — 1993. — 332, № 3. — С. 360—363.
21. *Бибикина Е.В., Клаесон С., Федотова А.А., Артеменко Г.В.* Терригенный циркон архейских зеленокаменных поясов — источник информации о ранней коре Земли : Приазовье и Приднепровье, Украинский щит // Материалы IV Рос. конф. по изотоп. геохронология : "Изотопные системы и время геологических процессов". — СПб., 2009. — С. 72—77.
22. *Бибикина Е.В., Лобач-Жученко С.Б., Артеменко Г.В. и др.* Позднеархейский магматизм Приазовского террейна : изотопный возраст, возрастное положение, петрология // Петрология. — 2008. — 16, № 3. — С. 227—247.
23. *Бибикина Е.В., Слабунов А.И., Кирилова Т.И. и др.* U-Pb возраст цирконов из пород керетской гранит-зеленокаменной системы в зоне сочленения Карельской и Беломорской структур Балтийского щита // Докл. РАН. — 1995. — 343, № 4. — С. 517—521.
24. *Бибикина Е.В., Слабунов А.И., Богданова С.В., Шельд Т.* Тектонотермальная эволюция земной коры Карельской и Беломорской провинций Балтийского щита в раннем докембрии по данным уран-свинцового изотопного исследования сфенов // Геохимия. — 1999. — № 8. — С. 842—857.
25. *Бобров А.Б.* Новые данные по стратиграфии зеленокаменного комплекса Среднего Приднепровья (на примере Сурской структуры) // Геол. журн. — 1989. — № 3. — С. 78—85.
26. *Бобров А.Б.* Метаморфизованная риодацитовая формация зеленокаменных поясов Украинского щита // Там же. — 1993. — № 5. — С. 53—59.
27. *Бобров О.Б., Своронов А.О., Степанюк Л.М. та ін.* Геологічна позиція та вік гранітів Майського золоторудного родовища (Середнє Побужжя) // Минерал. журн. — 1999. — 21, № 4. — С. 83—86.

28. Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Сергеев С.А., Пресняков С.Л. Метатоналіти дніпропетровського комплексу та вікові етапи їх формування (геологічна позиція, склад, результати Shrimp радіології) // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. — 2008. — № 1. — С. 9—23.
29. Ветрин В.Р., Лепехина Е.А., Ларионов А.Н. и др. Инициальный субшелочной магматизм неархейской щелочной провинции Кольского полуострова // Докл. РАН. — 2007. — **414**, № 5. — С. 663—666.
30. Ветрин В.Р., Родионов Н.В. Геология и геохронология неархейского анорогенного магматизма Кейвской структуры, Кольский полуостров // Петрология. — 2009. — **16**, № 6. — С. 578—600.
31. Виноградов Г.Г. О генезисе пироксеновых гнейсов и некоторых вопросах стратиграфии докембрия Среднего Побужья УКМ // Петрография докембрия Русской платформы. — Киев : Наук. думка, 1970. — С. 352—358.
32. Володичев О.И. Беломорский комплекс Карелии (геология и петрология). — Л. : Наука, 1990. — 248 с.
33. Володичев О.И., Слабунов А.И., Бибикина Е.В. и др. Архейские эклогиты Беломорского подвижного пояса (Балтийский щит) // Петрология. — 2004. — **12**, № 6. — С. 609—631.
34. Вревский А.Б. Петрология и геодинамические режимы развития архейской литосферы. — Л. : Наука, 1989. — 143 с.
35. Вревский А.Б. Кольско-Норвежская провинция. Архей // Ранний докембрий Балтийского щита / Ред. В.А. Глебовицкий. — СПб., 2005. — С. 10—123.
36. Вревский А.Б., Матреничев В.А. Петрология коматиитов Балтийского щита и изотопно-геохимическая эволюция их мантийных источников // Петрология. — 2003. — **11**, № 6. — С. 587—617.
37. Геологическая карта кристаллического основания Украинского щита. М-6 1 : 500000 / Гл. ред. Н.П. Щербак. — К., 1983.
38. Геология и петрология гранито-гнейсовой области Юго-Западной Карелии / Ред. К.О. Кратц. — М.; Л. : Наука, 1969. — 226 с.
39. Геология и петрология архейского гранитно-зеленокаменного комплекса Центральной Карелии / Отв. ред. К.О. Кратц. — Л. : Наука, 1978. — 262 с.
40. Геохронологические рубежи и геологическая эволюция Балтийского щита / Отв. ред. К.О. Кратц. — Л. : Наука, 1972. — 193 с.
41. Глебовицкий В.А., Лобач-Жученко С.Б., Чекулаев В.П. и др. Эволюция раннедокембрийской земной коры Балтийского щита // Ранний докембрий Балтийского щита / Ред. В.А. Глебовицкий. — СПб., 2005. — С. 632—663.
42. Глевоасский Е.Б. Палеогеодинамические реконструкции в раннем докембрии юго-восточной части Украинского щита // Тектоносфера Украины. — Киев : Наук. думка, 1989. — С. 68—75.
43. Демедюк В.В., Артеменко Г.В., Довбуш Т.И. Возраст и стратиграфическое положение кварцитов груборитмической толщи Орехово-Павлоградской зоны // Минерал. журн. — 2002. — **24**, № 5/6. — С. 45—51.
44. Довбуш Т.И., Скобелев В.М., Степанюк Л.М. Результаты изучения докембрийских пород западной части Украинского щита Sm-Nd изотопным методом // Там же. — 2000. — **22**, № 2/3. — С. 132—142.
45. Егорова Ю.С. Позднеархейские серии умереннощелочных пород Карелии на примере санукитоидного Эльмусского и сиенитового Западно-Хижьярвинского массивов // Сб. ст. молодых сотр. ИГГД РАН. — М., 2009.
46. Жуков Г.В., Киктенко В.Ф., Качанов Е.Н., Могилевец И.И. Орехово-Павлоградская железорудная формация // Железисто-кремнистые формации Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1978. — С. 253—272.
47. Журавлев Д.З., Пухтель И.С., Самсонов А.В. и др. Sm-Nd и Rb-Sr изотопные системы амфиболитов и плагиогнейсов аульской серии Среднего Приднепровья // Докл. АН СССР. — 1987. — **294**, № 6. — С. 1356—1461.
48. Журавлев Д.З., Пухтель И.С., Самсонов А.В. и др. Sm-Nd возраст реликтов фундамента гранит-зеленокаменной области Среднего Приднепровья // Там же. — № 5. — С. 1203—1208.
49. Зеленокаменные пояса фундамента Восточно-Европейской платформы / Ред. С.Б. Лобач-Жученко. — Л. : Наука, 1988. — 212 с.
50. Земная кора восточной части Балтийского щита / Отв. ред. К.О. Кратц. — Л. : Наука, 1978. — 228 с.
51. Зозуля Д.Р., Баянова Т.Б. Возраст и геодинамическая обстановка формирования щелочных гранитов Кейвской структуры Балтийского щита // Петрография на рубеже XXI века : итоги и перспективы. Материалы Второго Всерос. петрогр. совещ. Т. II. — Сыктывкар, 2000. — С. 282—285.
52. Каляев Г.И. Тектоника докембрия Украинской железорудной провинции. — Киев : Наук. думка, 1965. — 188 с.
53. Каляев Г.И. Проблемы тектоники докембрия Украинского щита // Тектоносфера Украины. — Киев : Наук. думка, 1989. — С. 64—68.
54. Кожевников В.Н., Бережная Н.Г., Пресняков С.Л. и др. Геохронология циркона (SHRIMP II) из архейских стратотектонических ассоциаций в зеленокаменных поясах Карельского кратона : роль в стратиграфических и геодинамических реконструкциях // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 2006. — **14**, № 3. — С. 19—41.
55. Кожевников В.Н., Скублов С.Г., Марин Ю.Б. и др. Хадей-архейские детритовые цирконы из ятулийских кварцитов и конгломератов Карельского кратона // Докл. РАН. — 2010. — **431**, № 1. — С. 85—90.
56. Козлов Н.Е., Сорохтин Н.О., Глазнев И.Т. и др. Геология архея Балтийского щита. — СПб. : Наука, 2006. — 239 с.

57. *Кореляційна* хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та пояснювальна записка). — К. : УкрДГПІ, 2004.
58. *Кравченко Г.Л.* Новые данные о составе и возрасте железисто-известково-силикатных сланцев Приазовья // Геол. журн. — 1970. — **30**, № 6. — С. 53—60.
59. *Лесная И.М.* Геохронология чарнокитоидов Побужья. — Киев : Наук. думка, 1988. — 136 с.
60. *Лесная И.М., Легкова Г.В., Теплякова Н.В., Гринченко А.В.* Цирконы из кварцитов с. Шамраевка (бугская серия) // Геохимия и рудообразование. — 1995. — № 21. — С. 69—73.
61. *Лесная И.М., Плоткина Т.Э., Степанюк Л.М., Бартницкий Е.Н.* Возрастные этапы формирования мафит-эндербитовой ассоциации Побужья // Там же. — С. 56—69.
62. *Лобач-Жученко С.Б., Арестова Н.А., Чекулаев В.П. и др.* Эволюция Южно-Выгозерского зеленокаменного пояса Карелии // Петрология. — 1999. — **7**, № 2. — С. 156—173.
63. *Лобач-Жученко С.Б., Арестова Н.А., Коваленко А.В., Крылов И.Н.* Фенно-Карельская гранит-зеленокаменная область. Архей. Водлозерский домен // Ранний докембрий Балтийского щита / Ред. В.А. Глебовицкий. — СПб. : Наука, 2005. — С. 288—339.
64. *Лобач-Жученко С.Б., Арестова Н.А., Коваленко А.В., Чекулаев В.П.* Карельская гранит-зеленокаменная область. Западно-Карельский домен // Там же. — С. 343—395.
65. *Лобач-Жученко С.Б., Балаганский В.В., Арестова Н.А. и др.* Изотопный возраст основных пород Васильковского района Орехово-Павлоградской коллизионной зоны // Региональная геология (в печати).
66. *Лобач-Жученко С.Б., Бибикина Е.В., Другова Г.М. и др.* Геохронология и петрология магматического комплекса Тупой Губы Северо-Западного Беломорья // Петрология. — 1993. — **1**, № 6. — С. 657—677.
67. *Лобач-Жученко С.Б., Бибикина Е.В., Балаганский В.В. и др.* Палеоархейские тоналиты в палеопротерозойской Орехово-Павлоградской коллизионной зоне Украинского щита // Докл. РАН. — 2010 (в печати).
68. *Лобач-Жученко С.Б., Егорова Ю.С., Юрченко А.В. и др.* Биотит-гранатовые гнейсы — результат структурно-метаморфической переработки древних тоналитов : состав минералов, характеристика и возраст процесса (Васильковский участок Орехово-Павлоградской зоны) // Минерал. журн. — 2009. — **31**, № 1. — С. 3—10.
69. *Лобач-Жученко С.Б., Чекулаев В.П., Арестова Н.А. и др.* Архейские террейны Карелии : их геологическое и изотопно-геохимическое обоснование // Геотектоника. — 2000. — № 6. — С. 26—42.
70. *Матреничев В.А., Сергеев С.А., Левченко О.А., Яковлева С.С.* Возраст дацитов Хаутаваарской зеленокаменной структуры (Центральная Карелия) // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1990. — № 8. — С. 131—133.
71. *Миллер Ю.В., Милькевич Р.И.* Покровно-складчатая структура Беломорской зоны и ее соотношение с Карельской гранит-зеленокаменной областью // Геотектоника. — 1995. — № 6. — С. 80—92.
72. *Мици М.В., Глазнев В.Н., Конилов А.Н. и др.* Ранний докембрий Северовосточной части Балтийского щита : палеогеодинамика, структура и эволюция коры. — М. : Наука, 1996. — 287 с.
73. *Митрофанов Ф.П., Хильтова В.Я., Вревский А.Б.* Эволюция архейской литосферы // Тектоника и некоторые проблемы металлогении раннего докембрия. — М., 1986. — С. 135—144.
74. *Мысцова Т.А., Бережная Н.Г., Глебовицкий В.А. и др.* Находки древнейших цирконов возрастом 3600 млн лет в гнейсах кольской серии Центрально-Кольского блока Балтийского щита (U-Pb, SHRIMP II) // Докл. РАН. — 2005. — **402**, № 1. — С. 1—5.
75. *Мысцова Т.А., Милькевич Р.И., Львов А.Б., Миллер Ю.В.* Происхождение чупинских гнейсов Беломорья в свете новых литолого-геохимических данных // Литология и полезные ископаемые. — 2000. — № 6. — С. 653—664.
76. *Мысцова Т.А., Милькевич Р.И., Богомолов Е.С., Гусева В.Ф.* Новые данные о составе и возрасте протолита глиноземистых гнейсов кольской и тундровой серий Центрально-Кольского блока Балтийского щита // Геология и геодинамика архея. Материалы I Рос. конф. по проблемам геологии и геодинамики докембрия. — СПб., 2005. — С. 272.
77. *Некряч А.И.* Комплексное геолого-геофизическое изучение докембрийского складчатого пояса на примере Орехово-Павлоградской зоны Украинского щита // Геологическая съемка дислоцированных комплексов / Ред. В.Д. Вознесенский, Н.В. Горлов, В.Д. Доливо-Добровольский. — Л. : Недра, 1980. — С. 159—168.
78. *Нижний докембрий западной части Украинского щита (возрастные комплексы и формации) / В.М. Лазько, В.П. Кирилюк, А.А. Сиворонов, Г.М. Яценко.* — Львов : Вища шк., 1975. — 239 с.
79. *Никулина Э.А.* Петрогенезис и структурообразование в докембрии юго-западной части Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1991. — 104 с.
80. *Петров В.П., Беляев О.А., Волощина З.М. и др.* Метаморфизм раннедокембрийских супракрустальных комплексов. — Л. : Наука, 1986. — 272 с.
81. *Петровская Л.С., Баянова Т.Б., Делицин А.А.* Позднеархейский возраст эндербит-гранулитового комплекса в районе Пулозеро (Центрально-Кольский мегаблок) // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. — СПб., 2003. — С. 358—361.
82. *Плоткина Т.Э.* Геохимия и петрология эндербито-гнейсов и кристаллосланцев Хашевато-Завальевского блока Украинского щита : Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / ИГМР НАН Украины. — Киев, 1994. — 24 с.

83. Радченко А.Т., Балаганский В.В., Басалаев А.А. и др. Объяснительная записка к геологической карте северо-восточной части Балтийского щита масштаба 1 : 500 000. — Апатиты : КНЦ РАН, 1994. — 96 с.
84. Ранний докембрий Балтийского щита / Ред. В.А. Глебовицкий. — СПб. : Наука, 2007. — 711 с.
85. Ружьева М.С., Матреничев В.А., Вревский А.Б. и др. Колмозеро-Воронье-Урагубский зеленокаменный пояс // Мантийные плюмы и металлогения. — Петрозаводск ; Апатиты, 2002. — С. 63—76.
86. Ручьев А.М. О протолите гнейсов чупинской свиты (белоиорский комплекс) // Геология, петрография и геохимия докембрийских образований Карелии : опер.-информ. материалы за 1996 г. — Петрозаводск, 1997. — С. 3—7.
87. Рыбаков С.И., Светова А.И., Мельянец Н.В. Новые данные по геологии архейских осадочно-вулканогенных комплексов районов Койкары и Остер-Вожема // Геология и стратиграфия докембрийских образований Карелии. Опер.-информ. материалы. — Петрозаводск, 1983. — С. 20—23.
88. Рябенко В.А. Основные черты тектонического строения Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1970. — 124 с.
89. Самборская И.А. Геохимия расслоенных магматических пород Александровской интрузии (Среднеприднепровский мегаблок) Украинского щита : Автореф. дис. ... канд. геол. наук, 2008. — Киев, 2008. — 21 с.
90. Самсонов А.В., Берзин Р.Г., Заможняя Н.Г. и др. Процессы формирования раннедокембрийской коры северо-западной Карелии, Балтийский щит : результаты геологических, петрологических и глубинных сейсмических (профиль 4В) исследований // Глубинное строение земной коры по профилю 4В (Кемь — Калевала) / Ред. Р.Г. Берзин и др. — Петрозаводск, 2001. — С. 109—143.
91. 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.
92. Светов С.А. Коматиит-толеитовые ассоциации Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса Центральной Карелии. — Петрозаводск : КНЦ РАН, 1997. — 171 с.
93. Светов С.А. Древнейшие адакиты Фенноскандинавского щита. — Петрозаводск : КНЦ РАН, 2009. — 115 с.
94. Светова А.И. Архейский вулканизм Ведлозерского пояса Карелии. — Петрозаводск : КНЦ РАН СССР, 1988. — 148 с.
95. Слабунов А.И., Лобач-Жученко С.Б., Бибикина Е.В. и др. Архей Балтийского щита : геология, геохронология, геодинамические обстановки // Геотектоника. — 2006. — № 6. — С. 3—32.
96. Степанов В.С. Основной магматизм докембрия Западного Беломорья. — М. ; Л., 1981. — 215 с.
97. Степанюк Л.М. Кристаллогенезис и возраст цирконов из пород мафит-ультрамафитовой ассоциации Среднего Побужья // Минерал. журн. — 1996. — 18, № 4. — С. 10—19.
98. Степанюк Л.М. Метасоматична природа біотитових та біотит-гранатових гнейсів Середнього Побужжя // Доп. НАН України. — 1997. — № 1. — С. 133—136.
99. Степанюк Л.М. Последовательность проявления геологических процессов в породах бугской серии (Среднее Побужье) // Минерал. журн. — 1999. — 21, № 5/6. — С. 86—92.
100. Степанюк Л.М. Геохронология докембрия западной части Украинского щита (архей-палеопротерозой) : Автореф. дис. ... докт. геол. наук. — Киев, 2000. — 34 с.
101. Степанюк Л.М., Бибикина Е.В., Клайсен С., Скобелев В.Н. Sm-Nd изотопная система в докембрийских породах западной части Украинского щита // Минерал. журн. — 1988. — 8, № 5. — С. 72—80.
102. Степанюк Л.М., Бобров А.Б., Довбуш Т.И. и др. Геологическое строение и геохронология гранулитового комплекса славгородской глыбы (Среднеприднепровский мегаблок, Украинский щит) // Материалы IV Рос. конф. по изотоп. геохронологии "Изотопные системы и время геологических процессов". — СПб., 2009. — Т. 1. — С. 334—337.
103. Степанюк Л.М., Лесная И.М., Бартицкий Е.Н. Генезис и возраст циркона из чарнокитоидов Завальевского блока Среднего Побужья // Минерал. журн. — 1995. — 17, № 5. — С. 30—39.
104. Степанюк Л.М., Пономаренко А.Н., Довбуш Т.И., Щербина О.И. Уран-свинцовая изотопная система цирконов чарнокитоидов и кристаллических сланцев гранулитового комплекса Днестровско-Бугского мегаблока (Украинский щит) // Материалы IV Рос. конф. по изотоп. геохронологии "Изотопные системы и время геологических процессов". — СПб., 2009. — Т. II. — С. 88—91.
105. Степанюк Л.М., Скобелев В.М., Бобров О.Б. та ін. Час вкорінення гранітів в породи бузької серії (на прикладі Хашувато-Заваллівської структури) // 36. наук. пр. УкрДГРІ. — 2005. — № 2. — С. 26—32.
106. Степанюк Л.М., Скобелев В.М., Довбуш Т.І., Пономаренко О.М. Ще раз про вік двопольовошпатових палінгенно-анатектичних чарнокітоїдів Побужжя // Там само. — 2007. — № 4. — С. 49—55.
107. Стратиграфические разрезы Украинского щита / Н.П. Щербак, К.Е. Есипчук, Б.З. Берзенин и др. — Киев : Наук. думка, 1985. — 168 с.
108. Хильтова В.Я., Берковский А.Н. История изучения и тектоническое строение докембрия Восточно-Европейской платформы // Докембрийская геология СССР. — Л. : Наука, 1988. — С. 12—22.
109. Чекулаев В.П., Арестова Н.А., Коваленко А.В., Слабунов А.И. Карельская гранит-зеленокаменная область. Центральнокарельский домен // Ранний докембрий Балтийского щита / Ред. В.А. Глебовицкий. — СПб. : Наука, 2005. — С. 395—471.

110. Чекулаев В.П., Арестова Н.А., Лобач-Жученко С.Б., Сергеев С.А. Возраст даек в древних тоналитах Водлозерского террейна — ключ к эволюции базитового магматизма в архее Фенноскандинавского щита // Докл. РАН. — 2009. — **428**, № 4. — С. 508—510.
111. Чекулаев В.П., Лобач-Жученко С.Б., Арестова Н.А. и др. Архейский магматизм северо-западной окраины древнего Водлозерского домена, район оз. Остер, Карелия (геология, геохимия, петрология) // Петрология. — 2002. — **10**, № 2. — С. 138—167.
112. Щербак Н.П. Сравнительная геохронология архейских мегаблоков Украинского, Западно-Австралийского и Южно-Африканского щитов // Минерал. журн. — 2004. — **26**, № 3. — С. 21—33.
113. Щербак М.П., Артеменко Г.В., Бартницкий Е.М. та ін. Вікові та генетичні співвідношення плагіогранітів та метавулканітів Високопільського району Середнього Придніпров'я // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1986. — № 7. — С. 21—269.
114. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницкий Е.Н. Верхнеконская вулcano-плутоническая ассоциация Среднего Приднепровья // Докл. НАН Украины. — 1995. — № 2. — С. 93—96.
115. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Гринченко А.В. Возрастная корреляция эндогенных процессов кратонов Слейв (Канада) и Среднеприднепровского (Украина) в связи с проблемой алмазоносности // Минерал. журн. — 2004. — **26**, № 1. — С. 47—53.
116. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. — Киев : Наук. думка, 2005. — 243 с.
117. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М. и др. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. — Киев : Наук. думка, 2008. — 239 с.
118. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Пономаренко А.Н. Геохронологические рубежи формирования зеленокаменных ассоциаций пород Среднеприднепровского, Карельского кратонов и зеленокаменных поясов Воронежского массива Восточно-Европейской платформы // Минерал. журн. — 2009. — **31**, № 2. — С. 3—13.
119. Щербак Н.П., Бибикина Е.В. Проблемы стратиграфии и изотопной геохронологии раннего докембрия Украинского, Балтийского и Алданского щитов // Геол. журн. — 1984. — **44**, № 3. — С. 81—100.
120. Щербак Н.П., Бибикина Е.В., Скобелев В.М., Щербак Д.Н. Эволюция во времени и металлогеническая специализация раннедокембрийской коры Украинского щита (3,7—1,7 млрд лет) // Минерал. журн. — 2003. — **25**, № 4. — С. 82—92.
121. Щербак Н.П., Бибикина Е.В., Лобач-Жученко С.Б. и др. Палеоархей восточной части Украинского щита по данным U-Pb метода (3,6—3,2 млрд лет) // Там же. — 2009. — **31**, № 3. — С. 3—10.
122. Эйно О.Л., Есипчук К.Е., Цуканов В.А. Докембрий Западного Приазовья. — Киев : Изд-во Киев. ун-та, 1971. — 184 с.
123. Яковлев Б.Г., Степченко С.Б. Минеральные равновесия и условия метаморфизма докембрийских мафитов. — Киев : Наук. думка, 1985. — 224 с.
124. Ярошук М.А. Железорудные формации Белоцерковско-Одесской металлогенической зоны. — Киев : Наук. думка, 1983. — 224 с.
125. Balashov Yu.A., Mitrofanov F.P., Balagansky V.V. New geochronological data on Archaean rocks of the Kola Peninsula // Correlation of Precambrian Formations in the Kola-Karelian region and Finland / Eds. V.V. Balagansky, F.P. Mitrofanov. — Apatity : Kola Sci. Centre RAS, 1992. — P. 13—34.
126. Bibikova E., Claesson S., Stepanyuk L. Ancient crust in the Dniester-Bug Domain, western Ukrainian Shield : Sm-Nd and U-Pb isotopic data // Геофиз. журн. — 2000. — **22**, № 4. — С. 77—78.
127. Bibikova E., Petrova A., Claesson S. The temporal evolution of sanukitoids in the Karelian Craton, Baltic Shield : an ion microprobe U-Th-Pb isotopic study of zircons // Lithos. — 2005. — **79**. — P. 129—145.
128. Bridgwater D., Scott D.J., Balagansky V.V. et al. Age and provenance of Early Precambrian metasedimentary rocks in the Lapland-Kola Belt, Russia : evidence from Pb and Nd isotopic data // Terra Nova. — 2001. — **13**. — P. 32—37.
129. Daly J.S., Balagansky V.V., Timmerma M.J., Whitehouse M.J. The Lapland-Kola Orogen : Palaeoproterozoic collision and accretion of the northern Fennoscandian lithosphere // European Lithosphere Dynamics / Eds. D.G. Gee, R.A. Stephenson. — 2006. — P. 579—598. — (Geol. Soc. London, Memoir 32).
130. Finnish Reflection Experiment FIRE 2001—2005 // Geol. Surv. of Finland. Spec. Pap. — 2006. — **43**. — 260 p.
131. Huhma H., Manttari I., Vaasjoki M. Dating the Finnish Archaean greenstone belts — isotope geology // Geodynamic evolution and metallogeny of the Central Lapland, Kuhmo and Suomussalmi greenstone belts, Finland. — Inst. of Geology and Mineralogy : Publ. No 42. — 1999. — P. 72—74.
132. Kontinen A., Paavola J. A preliminary model of the crustal structure of the eastern Finland Archaean complex between Vartiusselkä and Vierema, based on constraints from surface geology and FIRE 1 seismic survey // Finnish Reflection Experiment FIRE 2001—2005. — 2006. — P. 223—240. — (Geol. Surv. of Finland. Spec. Publ.; No 43).
133. Kröner A., Compston W. Archaean tonalitic gneiss of Finnish Lapland revisited : zircon ionprobe ages // Contribs Mineral. and Petrol. — 1990. — **104**. — P. 348—350.
134. Kudryashov N.M., Bayanova T.B., Gavrilenko et al. Archaean geochronology of the Kola region (north-eastern Baltic Shield) // 4th Intern. Archaean Symp., extended abstr., AGSO Geosci. Australia. Record 2001/37. — P. 58—60.

135. *Levchenkov O.A., Levsky L.K., Nordgulen Ø. et al.* U-Pb zircon ages from Sørvaranger, Norway, and the western part of the Kola Peninsula, Russia // *Geology of the eastern Finnmark — western Kola Peninsula region* / Eds. D. Roberts, Ø. Nordgulen. — 1995. — P. 29–47. — (Norges Geol. Unders. Spec. Publ.; No 7).
136. *Lobach-Zhuchenko S.B., Arestova N.A., Chekulaev V.P. et al.* Geochemistry and petrology of 2.40–2.45 Ga magmatic rocks in the north-western Belomorian Belt, Fennoscandian Shield // *Precamb. Res.* — 1998. — **92**, No 3. — P. 223–250.
137. *Lobach-Zhuchenko S.B., Chekulaev V.P., Sergeev S.A. et al.* Archaean rocks from Southeastern Karelia (Karelian granit-greenstone terrain) // *Ibid.* — 1993. — **62**. — P. 375–397.
138. *Lobach-Zhuchenko S.B., Rollinson H.R., Chekulaev V.P. et al.* The Archaean sanukitoid series of the Baltic Shield : geological setting, geochemical characteristics and implications for their origin // *Lithos.* — 2005. — **79**. — P. 107–128.
139. *Mänttari I., Hölttä P.* U-Pb dating of zircons and monazites from Archean granulites in Varpaisjärvi, Central Finland : Evidence for multiple metamorphism and Neoproterozoic terrane accretion // *Precamb. Res.* — 2002. — **118**. — P. 101–131.
140. *Mutanen T., Huhma H.* The 3.5 Ga Siurua trondhjemite gneiss in the Archaean Pudasjärvi Granulite Belt, northern Finland // *Bull. Geol. Soc. Finl.* — 2003. — **75** (1–2). — P. 51–68.
141. *Olander B., Skiold T., Elming S.A. et al.* Delineation and character of the Archaean-Proterozoic boundary in the Northern Sweden // *Precamb. Res.* — 1993. — **64**. — P. 67–84.
142. *Paavola J.* A communication of the U-Pb and K-Ar age relations of the Archaean Basement in the Lapinlahti — Varpaisjärvi areas, Central Finland // *Geol. Surv. Finl. Bull.* — 1986. — **339**. — P. 7–15.
143. *Peltonen P., Manttary, Huhma H.* Origin and reworking of Paleoproterozoic mafic lower crust at the Karelian craton margin, Finland // *Proc. 7th Intern. Kimberlite Conf. Vol. 2.* — Cape Town, 1999. — P. 664–676.
144. *Puchtel I.S., Hofmann A.W., Amelin Y.V. et al.* Combined mantle plume — island arc model for the formation of the 2.9 Ga Sumozero-Kenozero greenstone belt < SE Baltic Shield : isotope- and trace-element constraints // *Geochim. et cosmochim. acta.* — 1999. — **63**, No 21. — P. 3579–3595.
145. *Shcherbak N.P., Bartnitsky E.N., Bibikova E.V., Boiko V.L.* Age and evolution of the Early Precambrian Continental Crust of the Ukrainian Shield // *Archaean Geochemistry. The origin and evolution of the Archean Continental Crust* / Eds. A. Kroner, G.N. Hanson, A. Goodwin. — Springer-Verlag, 1984. — P. 235–250.
146. *Slabunov A.I., Lobach-Zhuchenko S.B., Bibikova E.V. et al.* The Archaean nucleus of the Baltic Fennoscandian Shield // *European Lithosphere Dynamics* / Eds. D.G. Gee, R.A. Stephenson. — 2006. — P. 627–644. — (Geol. Soc. London. Memoir 32).
147. *Timmerman M.J., Daly J.S.* Sm-Nd evidence for Late Archaean crust formation in the Lapland-Kola Mobile Belt, Kola Peninsula, Russia and Norway // *Precamb. Res.* — 1995. — **72**. — P. 97–107.
148. *Vaasjoki M., Sorjonen-Ward P., Lavikainen S.* U-Pb age determinations and sulfide Pb-Pb characteristics from the late Archaean Hattu schist belt, Ilomantsi, eastern Finland // *Geol. Surv. of Finland. Spec. Pap.* — 1993. — **17**. — P. 103–131.
149. *Vetrin V., Nordgulen Ø., Cobbing et al.* The pyroxene-bearing tonalite-granodiorite-monzonite series of the Northern Baltic Shield : Correlation and petrology // *Geology of the Eastern Finnmark — Western Kola Peninsula Region* / Eds. D. Roberts, Nordgulen Ø. — 1995. — P. 65–74. — (Norges Geol. Unders. Spec. Publ.; No 7).
150. *Zozulya D.R., Bayanova T.B., Eby G.* Geology and age of the Late Archaean Keivy alkaline province, NE Baltic Shield // *J. Geology.* — 2005. — **113**. — P. 601–608.

Ин-т геохимии, минералогии и рудообразования

Поступила 15.02.2010

им. Н.П. Семеновко НАН Украины, Киев

Ин-т геологии и геохронологии докембрия РАН, С.-Петербург, Россия

Ин-т геохимии и аналит. химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия

Ин-т геологии КНЦ РАН, Апатиты, Россия

РЕЗЮМЕ. На основі ізотопно-геохімічних та геохронологічних даних щодо головних асоціацій порід, які складають структурно-тектонічні підрозділи (кратон, мегаблок, домен, террейн), виявлено подібність і відмінність архейської геологічної історії формування земної кори (3,6–2,6 млрд рр.) двох структурно-тектонічних підрозділів Східно-Європейської платформи — Українського та Балтійського щитів. Подібними рисами є: 1 — присутність на території обох щитів реліктів древньої кори (3,65–3,5 млрд рр.) та детритових цирконів (3,6–3,7 млрд рр.), що вказує на ширше розповсюдження древньої кори в минулому на обох щитах; 2 — еволюція формування граніт-зеленокам'яних областей з подібними до мантіїних джерелами метабазальтів зеленокам'яних поясів; 3 — дворазовий (архейський і палеопротерозойський етапи) прояв гранулітового метаморфізму. Головними відмінностями є: 1 — молодший вік зеленокам'яних поясів Балтійського щита; 2 — масштаби прояву залізисто-кременистих формацій Українського щита; 3 — сублужний і лужний (включаючи карбонатитовий) магматизм на Балтійському щиті в неоархеї, на Українському — у протерозої.

SUMMARY. Archaean rocks are significant volumes of crust of Ukrainian and Baltic Shields, and mainly compose the structure of two types: the granite-greenstone and gneiss area, as well as participate in the structure of folded belts or Proterozoic suture zones. In comparative terms, based on isotopic-geochemical and geochronological data on the main associations of rocks that form the structural-tectonic units (craton, megabloc, domain, terrain) revealed both similarities and differences of the Archaean geological history of the formation of the crust (3.6–2.6 Ga), two structural-tectonic units of the East-European Platform — Ukrainian and Baltic Shields. Similarities are: 1 — the relics saved in both panels of the ancient crust (3.65–3.5 Ga), detrital zircons with the age of 3.6–3.7 Ga, indicating to a wider distribution of ancient crust in the past on both boards; 2 — evolution of formation of granite-greenstone areas with similar mantle sources of metabasalts of the greenstone belts; 3 — twice (Archaean and Paleoproterozoic stages) manifestation of granulite metamorphism. The main differences are: 1 — younger age of the greenstone belts of the Baltic Shield; 2 — the extent of manifestation of ferruginous-siliceous formations of the Ukrainian Shield; 3 — subalkaline and alkaline (including carbonatite) magmatism in the Baltic Shield in Neoproterozoic, while the Ukrainian Shield it was intensively expressed in the Proterozoic. In conclusion, we note that for the whole set of criteria — geological-structural, petrological, geochronological and isotopic-geochemical — the geological history of formation of rock associations and ore formations of Early Precambrian Ukrainian and Baltic Shields have far more similarities than differences. At the same time in the evolution of associations of rocks and ore formations of Shields in the southern and northern hemispheres the author identifies significant differences in this respect. One of the most important differences boil down to the fact that the granite-greenstone associations and related ore formation within the Ukrainian and Baltic Shields manifested mainly in Meso-Archaean era, and in the southern hemisphere (the Western-Australian, South-African Shields) granite-greenstone association are widely developed in the Paleo-, Meso- and Neoproterozoic. In addition, power cuts and duration of the formation of granite-greenstone associations of the Precambrian Shields of the southern hemisphere are more significant.