

doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.12.061>

УДК 530.311

**О.В. Усенко**

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

E-mail: usenko\_ol@ukr.net

## **Развитие Украинского щита 2,7–2,3 млрд лет назад. Факты и предварительные выводы**

*Представлено академиком НАН Украины В.И. Старостенко*

*Приведены факты (изотопный возраст цирконов, а также особенности вещественного состава и строения магматических и метаморфических комплексов), указывающие на протекание геодинамического процесса на Украинском щите в период 2,7–2,3 млрд лет назад.*

**Ключевые слова:** Украинский щит, неоархей, палеопротерозой, железистые формации, изотопный возраст.

В докембрийском развитии всех кратонов мира выделяют несколько периодов. Для Украинского щита (УЩ) граница мезо- и неоархей (2,8 млрд лет) выражена окончанием формирования гранит-зеленокаменной области, которая в Среднеприднепровском мегаблоке (СПМБ), Орехово-Павлоградской шовной зоне (ОПШЗ) и в западной части Приазовского мегаблока (ПМБ) выходит на дневную поверхность. Окончательное образование архейской коры под частью УЩ датируется 2,8–2,7 млрд лет назад [1]. Неоархейские события (до 2,5 млрд лет назад) являлись определяющими для строения Балтии. По мнению многих исследователей, на УЩ события после 2,7 и до 2,3 млрд лет проявлены незначительно [2] либо вовсе не проявлены [1, 3].

Однако ко времени 2,7–2,3 млрд лет назад относится образование комплексов магматических и метаморфических пород [4]. Для части из них установлен изотопный возраст [5, 6]. В данной работе проведено обобщение имеющейся геологической информации, которая должна быть учтена при создании модели развития УЩ.

Во всех геодинамических моделях признано деление УЩ на архейский (восточный) и преимущественно палеопротерозойский (западный) блоки по Западно-Ингулецкой разломной зоне. Западный сегмент включает врезку архейского фундамента в районе Среднего Побужья, на стыке Бугского мегаблока (БМБ) и Голованевской шовной зоны (ГШЗ) [1]. На восток от Западно-Ингулецкой разломной зоны главный тектонический рисунок СПМБ образуют архейские гранито-гнейсовые купола, опоясанные зеленокаменными

структурами. В ОПШЗ и Западном Приазовье их остатки более редуцированы. В БМБ остатки зеленокаменных структур отсутствуют. Тектонический рисунок является следствием протерозойской разломно-блоковой тектоники, на которую наложены мигматизация и частичное плавление.

Метаморфические комплексы находятся среди эндербитов и чарнокитов. В северо-западной части щита — это граниты, возраст последнего преобразования которых не более 2,1 млрд лет. В ОПШЗ и Западном Приазовье — это продукты архейского очага плавления — шевченковские граниты (2,8 млрд лет). Очаг плавления, существовавший около 2,0 млрд лет назад, выведен на современную поверхность только в Восточном Приазовье. В Западном Приазовье присутствуют интрузивные граниты близкого возраста [5, 7].

Наличие архейского основания под западной частью УЩ часто оспаривается [1, 3]. Однако в северной части Подольского мегаблока (ПДМБ) в Литинской структуре установлен возраст эндербитов — 2,815 млрд лет [5], т. е. здесь архейское основание существует. В Волынском мегаблоке (ВМБ) остатки архейского фундамента на современной поверхности отсутствуют. Но до 5 % общего количества детритовых цирконов городской свиты тетеревской серии имеют возраст 2,8–2,95 млрд лет и более древний [3]. Не ясен их источник, если не только здесь, но и поблизости не было архейских пород, как предполагают авторы исследования. В этой же работе упомянуто наличие многочисленных цирконов, датированных 3,16, 3,37 и 3,59 млрд лет, в плагиогранитах, состав которых близок к составу гранитов шереметьевского комплекса. В Росинско-Тикичском мегаблоке (РТМБ) также присутствуют граниты, возраст которых — 2,82 млрд лет [6].

**Геохронологические данные для магматических и метаморфических комплексов Украинского щита.** Практически на всех блоках и в шовных зонах УЩ присутствуют датировки, характеризующие интервал времени 2,7–2,3 млрд лет назад (табл. 1). Их значительно меньше, чем палео- и мезоархейских, а также характеризующих событие 2,3–1,65 млрд лет (рисунок). Можно выделить две наиболее встречаемые даты — 2,65 и 2,5 млрд лет.

В восточной части Ингульского мегаблока (ИМБ) (между тектоническим швом Херсон—Смоленск и Западно-Ингулецкой разломной зоной) установлен возраст кластогенных цирконов из биотитовых гнейсов верхней (чечелевской) свиты ингуло-ингулецкой серии (2,67–2,4 млрд лет [6]). Тогда чечелевская и рощаховская свиты образованы позже. Нижние свиты (каменно-костоватская на западе и спасовская на востоке ИМБ) сложены биотит-гиперстеновыми гнейсами. Вариации состава слоев отражены в появлении или исчезновении амфибола, граната, кордиерита, их количественных соотношениях. Отличительным признаком нижних свит является присутствие магнетита. В каменно-костоватской свите (в западной части мегаблока) появляется графит и силлиманит [8]. Около 2,55 млрд лет назад происходит образование плагиогранитов ташлыкского комплекса. Верхние свиты (рощаховская на западе и чечелевская свита на востоке) сложены гранат-биотитовыми и биотитовыми, кордиерит- и графит-биотитовыми, диопсидовыми гнейсами. Исчезает магнетит и появляются обязательный графит и кордиерит.

Породы ингуло-ингулецкой серии отличаются от пород архейских зеленокаменных структур (преимущественно вулканогенных) преобладанием сланцевых пластов, присутствием графита, ритмичным строением. От метаморфических толщ более поздних событий отличаются отсутствием слоев кварцитов, кальцифилов и мраморов.

Гистограмма U–Pb–SIMS– $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -возрастов эндербитов Побужского комплекса с дискордантностью 10 %. Заливкой выделены возрастные данные по циркону из лерцолита (включения в эндербитах) [2]

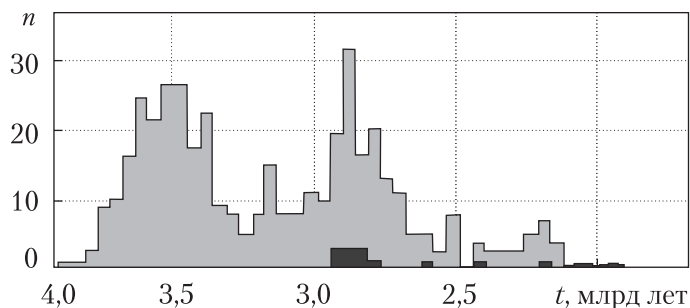


Таблица 1. Результаты определения изотопного возраста, относящиеся к интервалу 2,7–2,3 млрд лет [5, 6]

Комплекс, серия, структура	Порода	Возраст, млрд лет
Восточная часть щита		
Мангушская структура ПМБ, токмацкий комплекс	Эндербит, чарнокит	2,68, 2,73 2,73
Западное Приазовье, обиточенский комплекс	Аплит	2,95–2,86 2,65
Мокромосковский и токовский комплексы СПМБ, ОПШЗ	Граниты	2,83–2,66
Осипенковский комплекс, Сорокинская структура ПМБ	Плагиопорфир	2,65 2,7
Западная часть щита		
Граница ККЗ–СПМБ, Анновский комплекс	Гранит	2,61 2,62
Нижний рубеж чечелеевской свиты ингуло-ингулецкой серии ИМБ	Биотитовый гнейс	2,4–2,60 2,45, 2,5 2,67
Ташлыкский комплекс ИМБ	Эндербит	2,56
Юрьевский комплекс РТМБ	Габбро-амфиболит	2,58, 2,73
Тетиевский комплекс РТМБ	Мигматит, гранит	2,59, 2,6 2,49, 2,82
Росинско-тикичская серия РТМБ на границе с ПДМБ и ВМБ	Амфибол-биотитовые гнейсы и амфиболиты	2,63–2,77
ГШЗ	Кордиерит-гранат-биотитовый гранит	2,557
Литинский комплекс ГШЗ	Эндербит	2,7
Зеленовадовская толща ГШЗ	Гнейс биотитовый	2,26
Побужский комплекс ГШЗ	Плагиогранит Апшит-пегматоидный гранит	2,5–2,6 2,37
Хоцевато-Завальевская структура, БМБ, днепровско-бугская серия	Кристаллосланец Гранулит Плагиогнейс	2,72, 2,36 2,78 2,57

Сложное тектоническое строение Хашчевато-Завальевской структуры и ГШЗ затрудняет установление первичного залегания пород. Однако присутствуют метаморфические породы, время образования которых не более 2,72 и не менее 2,37 млрд лет, что сопоставимо со временем образования пород ингуло-ингулецкой серии. С породами ингуло-ингулецкой серии в БМБ сходны биотит-двупироксен-плагиоклазовые кристаллосланцы с амфиболом и магнетитом, а также биотит-ортопироксеновые гнейсы тывровской толщи днестровско-бугской серии. Породы павловской толщи днестровско-бугской серии можно сопоставить с сериями, включающими железистую формацию, либо нижними свитами ингуло-ингулецкой серии. Как и породы ингуло-ингулецкой серии, они отличны от пород зеленокаменных структур и более поздних (моложе 2,3 млрд лет) пород.

В составе днестровско-бугской серии также присутствуют базит-ультрабазитовые породы, возраст которых 2,36 млрд лет (см. табл. 1). Они залегают в виде линзоподобных, пластовых тел в более древних эндербитах гайворонского комплекса [5]. Вероятно, их внедрение в уже сформированную толщу происходило в начале следующего события. Плагиограниты побужского комплекса, представленные в ПДМБ, БМБ и ГШЗ, обязательно включают цирконы, возраст которых 2,5–2,6 млрд лет (см. рисунок, табл. 1), что соответствует времени образования ташлыкских гранитов в ИМБ.

Проявления геодинамического процесса фиксируются в РТМБ. В это время образованы магматические породы юрьевского комплекса (2,7–2,6 млрд лет) [5]. Центральная часть Юрьевского массива сложена аподунитовыми серпентинитами ( $MgO$  – 39,7 %,  $CaO$  – 5,6 %) [4]. Глубина формирования подобных расплавов не менее 250 км. Выше залегают апопироксенитовые амфиболиты, еще выше – габбро-амфиболиты. Все эти породы образованы из мантийных расплавов. Граниты тетитевского комплекса синхронны ташлыкским гранитам ИМБ (2,5–2,6 млрд лет).

До сегодня (например, в работах [3, 6]) обсуждается спорная датировка шереметьевских плагиогранитов ВМБ (2,435 млрд лет), приведенная в работе [9]. От ее признания зависит определение как времени образования самих гранитов, так и возраста нижней (васильевской) свиты тетереvской серии, которую они пересекают. Нарцызовский комплекс И.Б. Щербачков называет аналогом юрьевского (2,58–2,73 млрд лет) [4], но датировок для него нет.

То, что городская и кочеровская свиты тетереvской серии образованы после 2,3 млрд лет, не вызывает сомнения, так как в их составе представлены высокоглиноземистые породы с графитом, кальцифиры и мраморы. Сходство состава метаморфических толщ позволяет предполагать, что васильевская свита тетереvской серии, сложенная биотитовыми гнейсами с гранатом, кордиеритом, силлиманитом, графитом, а также часть росинско-тикичской серии близкого состава [8] образованы 2,5–2,3 млрд лет назад.

Тогда можно предполагать, что после 2,7 и до 2,3 млрд лет назад в западной части щита были накоплены две вулканогенно-осадочные толщи, характеризующиеся сходным составом и ритмичным строением. Они представлены в ИМБ, их аналоги присутствуют в БМБ и РТМБ. Они отличаются по составу как от пород зеленокаменных структур, так и от вулканогенно-осадочных толщ следующего геодинамического процесса.

В магматических комплексах представлены ультрамафиты и мафиты, расплавы которых имеют мантийный источник. В западной части щита (за исключением ВМБ?) отмечено образование гранитов 2,5–2,6 млрд лет назад.

**События в восточной части УЩ (ИКШЗ, СПМБ, ОПШЗ и ПМБ).** Согласно геологическим данным до 2,65 млрд лет в центральной части СПМБ и ОПШЗ образуются интрузивные массивы, сложенные гранитами (мокротосковского, токовского комплексов) [5]. В центральной части СПМБ после 2,6 млрд лет назад события не фиксируются. В западной и восточной части СПМБ на конкской серии залегает белозерская. Накапливается метаконгломерат-песчаниково-сланцевая формация михайловской свиты и тепловская свита, включающая разнообразные вулканогенные, сланцевые и железистые пласты. Белозерская серия СПМБ не имеет четких датировок. Считается, что формирование СПМБ закончилось в мезоархее.

Одним из признаков, используемых для корреляции стратиграфических единиц, является состав железистых пластов. Тип Алгома (железисто-кремнисто-вулканогенная (ЖКВ) формация по работе [10]) образуется в архее и связан с зеленокаменными структурами. Железистые пласты этого типа входят в состав конкской серии всех зеленокаменных структур СПМБ. Рубеж архей—протерозой (2,5 млрд лет назад) однозначно маркируется на всех кратонах появлением полосчатой железисто-кремнистой (ВІF) формации Сьюпериор типа [11 и др.]. На УЩ ее типичный разрез представлен в Ингуло-Криворожской шовной зоне (ИКШЗ). Непосредственно в Криворожско-Кременчугской зоне (ККЗ) отчетливо устанавливается наличие двух разновозрастных железистых формаций, состав которых отличен. Поэтому она разделена на две: железисто-кремнисто-сланцевую (ЖКС) и железисто-кремнисто-карбонатную (ЖКК) [10].

Железистые пласты ЖКС формации уверенно идентифицируются. От железисто-кремнисто-вулканогенной формации архея отличаются отсутствием примеси вулканогенного материала, меньшим распространением железистых силикатов (хлорита, куммингтонита) в железистых пластах и большим количеством окислов железа. Их типичный представитель — джеспилиты, сложенные кварцевыми прослоями, обогащенными магнетитом и гематитом. В разрезе, содержащем формацию, встречаются амфиболиты и ультрабазиты, но шире распространены амфибол-биотитовые, гранат-биотитовые и силлиманит-биотитовые сланцы. От ЖКК формации отличаются отсутствием известняков и кальцифиоров, меньшим количеством ультрабазитов и графитовых сланцев в разрезе.

Тогда присутствие пластов ЖКС формации является достаточным основанием для установления факта проявления события на выделенной территории.

Шовные зоны, включающие железистую формацию, опоясывают СПМБ, а на севере соединяются в единую структуру — Курскую магнитную аномалию (КМА). ЖКС формация представлена скелеватской и саксаганской свитами криворожской серии ККЗ. В КМА ей соответствует курская свита. Дата 2,5 млрд лет как начало проявления события на поверхности является приблизительной ввиду отсутствия датировок. ЖКК (железисто-кремнисто-карбонатная) формация (гданцевская свита криворожской серии и оскольская КМА) образуется в интервале 2,3–2,04 млрд лет [12].

Датировки самих формаций в пределах Сарматии отсутствуют, но на всех кратонах мира железистые формации образуются практически синхронно. В Курском блоке датированы магматические гранитоиды салтыковского мигматит-плагиогранитного комплекса 2,67 млрд лет [6], дациты лебединской серии КМА образованы 2,59 млрд лет назад, оставские калиевые граниты — 2,53 млрд лет назад [12]. Эти даты считаются временем за-

ложения будущих железорудных поясов, которые на УЩ названы межмегаблоковыми шовными зонами. Время заложения ККЗ должно быть не ранее 2,62 млрд лет (возраст калиевых гранитов анновского комплекса) и не позднее 2,36 млрд лет (возраст метаморфогенного циркона новокриворожской свиты) [5, с. 26].

В пределах ОПШЗ, западной части ПМБ находятся породы архейских зеленокаменных структур и связанные с ними железистые пласты ЖКВ формации, а также породы ЖКС и ЖКК формации. Они уверенно разделяются по составу. Именно ЖКС формация присутствует в верхней части белозерской серии, а также в гуляйпольской свите западной части ПМБ. Кусочки этой формации есть в южной части ОПШЗ, Корсак-Стульневской провинции (месторождения Корсак-Могила и Каменная Могила) [13] и в Сорокинской структуре (наряду с архейскими породами и садовой свитой палеопротерозоя) [8].

Восточное ограничение также устанавливается по присутствию пород ЖКС формации. Они распространены и в западной части ПМБ. В Гайчурском блоке они входят в состав гу-

**Таблица 2. Сопоставление стратиграфических единиц Криворожско-Кременчугской и Белозерской структур Украинского щита (скелеватской и саксаганской свит криворожской серии и тепловской свиты белозерской серии). В таблице указаны названия стратиграфических единиц из первоисточников**

<i>Криворожская и анновская структуры [13]</i>	<i>Белозерская структура Железисто-кремнисто-сланцевая свита [14]</i>
<p><i>Нижняя аркозо-филлитовая свита</i>  <i>Скелеватская свита</i>                      Тальк-карбонатный слой                      Покровы тремолитизированных пикритов. Хлорит-биотитовые сланцы с гранатом, серицитом, куммингтонитом, графитом. Магнетит-куммингтонитовые джесперы с яшмовыми слоями                      Покровные эпидиабазы, альбит-эпидотовые амфиболиты, кварц-роговообманковые эпидотизиты. Графитит-хлорит-серицитовые, биотит-кварц-куммингтонитовые сланцы</p> <p><i>Саксаганская свита</i>                      Хлорит-тальковые сланцы с тремолитом и доломитом. Силикат-магнетитовые и магнетит-силикатные джеспилиты, силикат-магнетит-гематитовые, гематит-магнетитовые джеспилиты продуктивной толщи                      Куммингтонитовые слои с магнетитом, альбитом, магнезиальной железистой слюдой. Эгирин-магнетитовые и гематит-магнетитовые джесперы                      Карбонатизация. Слои магнезиальных куммингтонит-магнетитовых и магнетитовых джесперов. Железисто-силикатный метасоматоз                      Кварц-куммингтонит-биотит-карбонатные слои со стильпномиланом, магнезиально-железистой слюдой. Магнетит-куммингтонитовые железистые слои со щелочным амфиболом</p>	<p><i>Роговиково-сланцевая подсвита</i>                      Серпентинизированные перидотиты и пироксениты, тальк-карбонатные породы, серпентиниты. Кварц-хлоритовые, карбонат-кварц-магнетит-хлоритовые и сланцы</p> <p>Очковые альбито-серицито-кварцевые апокератофиры, хлорит-эпидот-актинолитовые сланцы (апоспилиты)</p> <p><i>Железисто-кремнистая подсвита</i>                      Хлорит-карбонат-магнетит-кварцевые роговики  <i>Джеспилитовая формация</i>                      Рудные магнетито-кварцевые, железослюдково-магнетитовые слои. Присутствуют эгирин, рибекит</p> <p><i>Верхняя роговиково-сланцевая подсвита</i>                      Кератофиры, кератоспилиты, стильпно-мелановые роговики                      Хлорит-карбонат-магнетит-кварцевые сланцы. Железисто-силикатно-карбонатно-кремнистые роговики                      Кварц-хлоритовые, кварц-магнетит-хлоритовые, кварц-хлоритовые роговики</p>



ляйпольской свиты [4, 8], в Салтычанском идентифицируются в Сорокинской структуре [8], что позволяет предполагать проявление геодинамического процесса 2,65 (?)–2,3 (?) млрд лет на территории, включающей восточную часть СПМБ, ОПШЗ и западную часть ПМБ. То есть не ограничено расположением современных шовных зон УЩ.

Наблюдается несоответствие между датировками возраста и геологическим строением, на что указывал И.Б. Щербаков, который настаивал на корреляции саксаганской и скелеватской свит криворожской серии и гуляйпольской свиты [4]. В нижней части гуляйпольской свиты (ПМБ) датирован детритовый циркон из кварцита (2,89 млрд лет), в средней (продуктивная толща) в пачке метаандезитов обнаружен циркон, образованный 2,85 млрд лет назад (кern скважины) [4]. Возможным объяснением может считаться мозаичное строение Гайчурского блока, включающего Гуляйпольскую структуру. Здесь в непосредственном контакте находятся породы добропольского комплекса, возраст которых 3,33 млрд лет, косивцевской толщи (3,2 млрд лет), граниты шевченковского комплекса (2,83 млрд лет) [5]. Контакты преимущественно тектонические, а взаимоотношения между породами не ясны.

В западной части ПМБ в Салтычанском блоке датированы тоналиты и диориты интрузивного обиточенского комплекса, в которых помимо архейских определены даты 2,65 млрд лет (см. табл. 1). Датировки 2,65 млрд лет установлены в Мангушской структуре. Не ясно, относятся ли они к отдельному событию или завершают формирование гранит-зеленокаменной области, как массивы гранитоидов на СПМБ.

Белозерская серия в СПМБ залегает несогласно на разных стратиграфических уровнях конкской [4, 8]. То есть начинает накапливаться после кратонизации СПМБ. Образование конгломератов, песчаников и др. обломочных пород михайловской свиты в нижней части предполагает образование депрессий (трогов) на бортах СПМБ, а грубообломочный материал и большая мощность — высокую скорость как опускания, так и заполнения. Возраст этих обломков — архейский.

В СПМБ 2,8–2,65 млрд лет назад образуются массивы гранитов мокромосковского и токовского комплексов. Они занимают большие площади, внедрение происходит на пересечении разломных зон. То есть в течение всего этого времени существовал очаг (очаги) плавления в коре. Существование этого очага может объяснить образование на периферии троговых прогибов, которые заполнялись обломочными породами, типичными для михайловской свиты. Состав тепловской свиты белозерской серии, в которой присутствуют перидотиты (расплавы которых образованы на глубинах 200 км и более), спилиты и кератофиры (расплавы образованы на 100 км и 50 км), дайки доскладчатых и послескладчатых диабазов (100 км), свидетельствует о проявлении самостоятельного процесса. Расплавы спилитов и ультрабазитов имеют мантийные источники вещества.

Породы скелеватской и саксаганской свит криворожской серии и тепловской свиты белозерской серии уверенно сопоставляются (табл. 2), что позволяет предполагать, что они образованы в едином процессе и представляют собой южные ответвления КМА.

Тогда можно предположить, что заложение межблоковых шовных зон на УЩ начинается не ранее 2,65 млрд лет. ККЗ (и часть, расположенная восточнее Ингуло-Криворожского разлома) закладывается на гранитном основании. На территории СПМБ породы белозерской серии надстраивают архейские зеленокаменные структуры. Михайловская свита

белозерской серии образуется не ранее 2,7 и не позднее 2,5 млрд лет назад, стратиграфические единицы, включающие породы ЖКС формации (скелеватская и саксаганская свиты криворожской серии, тепловская свита белозерской серии и гуляйпольская свита), образованы 2,5–2,3 млрд лет назад. Дата 2,5 млрд лет названа приблизительно.

Верхняя часть (тепловская свита) белозерской серии СПМБ, гуляйпольская свита ОПШЗ, скелеватская и саксаганская свиты криворожской серии образованы в одном процессе. Этот процесс протекает иначе, чем на блоках западной части УЩ. Отличается состав магматических и метаморфических пород.

Таким образом, в строении УЩ фиксируется проявление геодинамических процессов, протекавших не ранее 2,7 и не позднее 2,3 млрд лет назад. В западной и восточной (относительно Западно-Ингулецкой разломной зоны) накапливаются толщи различного состава и строения, что свидетельствует о разном протекании глубинного процесса. Можно спорить о площади их распространения, соотношении плюмовой и плейт-тектонической составляющей в их протекании, степени влияния на современное строение УЩ и Сарматии в целом. Однако при построении геодинамической модели необходимо учитывать наличие метаморфических и магматических комплексов этого возраста.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Bogdanova S.V., Gorbatshev R., Garetsky R.G. EUROPE|East European Craton. *Reference module in earth systems and environmental sciences*. Elsevier, 2016. P. 3–17. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10020-X>
2. Лобач-Жученко С.Б., Балтыбаев Ш.К., Глебовицкий В.А., Сергеев С.А., Лохов К.И., Егорова Ю.С., Балаганский В.В., Скублов С.Г., Галанкина О.Л., Степанюк Л.М. U–Pb–SHRIMP-II-возраст и происхождение циркона из лерцолита побужского палеоархейского комплекса (Украинский щит). *Докл. АН*. 2017. **477**, № 5. С. 567–571. doi: <https://doi.org/10.1134/S1028334X17120157>
3. Шумлянський Л.В., Степанюк Л.М., Клаессон С., Руденко К.В., Беккер А.Ю. Уран-свинцева за цирконом та монацитом геохронологія гранітоїдів житомирського та шереметівського комплексів, північно-західний район Українського щита. *Мінерал. журн.* 2018. **40**. № 2. С. 63–85. doi: <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.063>
4. Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗукЦ, 2005. 366 с.
5. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. Киев: Наук. думка, 2005. 244 с.
6. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наук. думка, 2008. 240 с.
7. Артеменко Г.В., Самборская И.А., Швайка И.А., Гоголев К.И., Довбуш Т.И. Этапы раннепалеопротерозойского коллизионного гранитоидного магматизма и метаморфизма на Приазовском и Среднеприднепровском мегаблоках Украинского щита. *Мінерал. журн.* 2018. **40**, № 2. С. 45–62. doi: <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.045>
8. Стратиграфические разрезы докембрия Украинского щита. Есипчук К.Е. (ред.). Киев: Наук. думка, 1985. 168 с.
9. Верхогляд В.М., Скобелев В.М. Изотопный возраст субвулканизма района г. Новоград-Волынский (северо-западная часть Украинского щита). *Геохимия и рудообразование*. 1995. Вып. 21. С. 47–56.
10. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Генезис железных руд. Кравченко В.М., Кулик Д.А. (ред.). Киев: Наук. думка, 1991. 216 с.
11. Klein C. Some precambrian banded iron formation (BIFs) from around the world: their age, geological setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry and origin. *Am. Mineral.* 2005. **90**. P. 1473–1499.



12. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС. Т. 2. А.Ф. Морозов (ред.). Москва: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2010. 400 с.
13. Железисто-кремнистые формации Украинского щита. Т.1. Семененко Н.П (ред.). Киев: Наук. думка, 1978. 328 с.
14. Геология осадочно-вулканогенных формаций Украинского щита. Семененко Н.П (ред.). Киев: Наук. думка, 1967. 380 с.

Поступило в редакцию 07.09.2018

## REFERENCES

1. Bogdanova, S. V., Gorbatshev, R. & Garetsky, R. G. (2016). EUROPE|East European Craton. In Reference module in earth systems and environmental sciences (pp. 3-17). Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10020-X>
2. Lobach-Zhuchenko, S. B., Baltybaev, S. K., Glebovitsky, V. A., Egorova, Y. S., Skublov, S. G., Galankina, O. L., Lokhov, K. O., Sergeev S. A., Balagansky, V. V. & Stepanyuk, L. M. (2017). U–Pb SHRIMP II age and origin of zircon from lherzolite of the bug paleoarchean complex, Ukrainian Shield. *Doklady Earth Sciences*, 477, No. 2, pp. 1391-1395 (in Russian). doi: <https://doi.org/10.1134/S1028334X17120157>
3. Shumlyansky, L. V., Stepanyuk, L. M., Claesson, S., Rudenko, K. V. & Bekker, A. (2018). U-Pb on zircon and monazite geochronology of granites of the zhytomir and sheremetiv complexes, the north-western region of the Ukrainian Shield. *Mineral. J. (Ukraine)*, 40, No. 2, pp. 63-85 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.063>
4. Shcherbakov, I. B. (2005). Petrology of the Ukrainian Shield. Lviv: ZUKTS (in Russian).
5. Shcherbak, M. P., Artemenko, G. V., Lesnaya, I. M. & Ponomarenko, A. N. (2005). Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian shield. Archean. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
6. Shcherbak, M. P., Artemenko, G. V., Lesnaya, I. M., Ponomarenko, A. N. & Shumlyansky, L. V. (2008). Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian shield. Proterozoic. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
7. Artemenko, G. V., Samborska, I. A., Shvaika, I. A., Gogolev, K. I. & Dovbush, T. I. (2018). The stages of early Paleoproterozoic collision granitoids magmatism and metamorphism on the Azov and Middle-Dnieper megablocks of the Ukrainian Shield. *Mineral. J.*, 40, No. 2, pp. 45-62 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.045>
8. Esipchuk, K. E. (Ed.). (1985). Stratigraphic sections of the Precambrian Ukrainian Shield. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
9. Verkhoglyad, V. M. & Skobelev, V. M. (1995). Isotopic age subvolcanic district of Novograd Volyn (northwestern part of the Ukrainian shield). *Geokhimiya i rudoobrazovaniye*, Iss. 21, pp. 47-56 (in Russian).
10. Kravchenko, V. M. & Kulik, D. A. (Ed.). (1991). Ferruginous-siliceous formations of the Precambrian of the European part of the USSR. The genesis of iron ores. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
11. Klein, C. (2005). Some precambrian banded iron formation (BIFs) from around the world: their age, geological setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry and origin. *Am. Mineral.*, 90, pp. 1473-1499.
12. Morozov, A. F. (Ed.) (2010). Deep structure, evolution and minerals of the Early Precambrian basement of the East European Platform: Interpretation of materials based on the 1-EB profile, profiles 4B and TATSEYS. Vol. 2. Moscow: GEOKART: GEOS (in Russian).
13. Semenenko, N. P. (Ed.). (1978). Ferruginous-siliceous formations of the Ukrainian shield. Vol. 1. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
14. Semenenko, N. P. (Ed.). (1967). Geology of sedimentary-volcanogenic formations of the Ukrainian shield. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).

Received 07.09.2018

О.В. Усенко

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ

E-mail: usenko\_ol@ukr.net

РОЗВИТОК УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА 2,7–2,3 МЛРД РОКІВ ТОМУ.  
ФАКТИ ТА ПОПЕРЕДНІ ВИСНОВКИ

Наведено факти (ізотопний вік цирконів, а також особливості речовинного складу і будови магматичних та метаморфічних комплексів), що вказують на перебіг геодинамічного процесу на Українському щиті в період 2,7–2,3 млрд років тому.

**Ключові слова:** Український щит, неоархей, палеопротерозой, залізисті формації, ізотопний вік.

O.V. Usenko

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, Kiev

E-mail: usenko\_ol@ukr.net

THE DEVELOPMENT OF THE UKRAINIAN SHIELD  
WAS 2.7-2.3 BILLION YEARS AGO. FACTS AND PRELIMINARY CONCLUSIONS

The article includes the facts (isotope age of zircons of magmatic and metamorphic rocks, as well as features of the material composition and structure) indicating the course of the geodynamic process on the Ukrainian Shield in the period 2.7-2.3 billion years ago.

**Keywords:** Ukrainian shield, neoarchae, paleoproterozoic, iron formation, isotope age.