

УДК 551.71/.72(477)

К. Ю. Єсипчук

Нова шкала геологічного часу і межа архей — протерозой на Українському щиті (про еволюцію поглядів на періодизацію докембрію)

Пропонується нова шкала геологічного часу для докембрію, яка базується не тільки на геологічних (тектонічних, структурно-петрологічних, літолого-стратиграфічних) та ізотопно-геохронологічних критеріях, а й на космо-хронометричних факторах — ритмічності геологічних процесів, зумовленій обертанням Сонячної системи довкола центру Галактики. Згідно з цією шкалою тривалість глобальних стратиграфічних підрозділів (ер) змінюється в межах 400–540 млн рр.: тривалість архейських ер 400–450, протерозойських — 450–510, а фанерозою — 540 млн рр., збільшення пов'язується з розширенням Землі та Космосу. За опорні точки відліку в цій системі прийняті межі докембрії — фанерозой (540 млн рр.) та архей — протерозой (2500 млн рр.). Наведено обґрунтування границі архей — протерозой на Українському щиті.

Хоча термін "докембрій" (*Precambrian*) вперше застосований у геологічній літературі лише наприкінці XIX ст., його слід пов'язувати з виділенням та обґрунтуванням А. Седжвіком ще в 1835 р. кембрійської системи. Сам А. Седжвік називав геологічні утворення, що передували кембрію, "протозоєм", пов'язуючи з ними найдавніші прояви органічного світу.

У 1845–1848 рр. В. Логан розчленував ці утворення на Канадському щиті на два різновікових комплекси: лаврентійський та гуронський.

Дещо пізніше (1872) Д. Дена виділив у складі докембрію архейську групу найдавніших гнейсів і кристалічних сланців, а Е. Еммонс і Уолкот у 1888 р. виділили вище архею протерозойську групу, розчленувавши, таким чином, докембрій на архей і протерозой.

Ще пізніше архей деякими геологами був поділений на дві частини: катархей і власне архей, хоча достеменних фактів про існування між ними діастрофізму не було і більшістю геологів таке розчленування не сприймалося. У зв'язку з появою та розвитком радіометричних (ізотопно-геохронологічних) методів з'явилися дані про найдавніший вік архейських порід (понад 3000 млн рр.). Вважалося, що закінчення архейського еону і початок протерозойського знаменувались активним діастрофізмом на межі 2800–2600 млн рр.

М. П. Семененко [13] запропонував п'ятичленний поділ докембрію на мегацикли з такими верхніми віковими межами, млн рр.: докембрій V — 570; докембрій IV — 1100; докембрій III — 1700; докембрій II — 2000; докембрій I — 2700. З археем зіставлялися докембрій I і докембрій II, а з протерозоєм — докембрій III–V.

Відомий російський знавець докембрію Л. І. Салоп [12] запропонував свій варіант поділу докембрію на ери: катархейську (3750–3500 млн рр.), палеопротерозойську або археопротерозойську (3500–2600), мезопротерозойську (2600–1900), неопротерозойську (1900–1000), епіпротерозойську (1000–650) і еокембрійську (650–570 млн рр.).

За часів Радянського Союзу в нашій країні у офіційно діючій стратиграфічній схемі архей не розчленовувався, а протерозой ділився на три або чотири ери: ранній (2600–1900 млн рр.), середній (1900–1600) і пізній (1600–570). У складі останнього деякі дослідники ще виділяли венд (670–570 млн рр.) або епіпротерозой.

Сучасна хроностратиграфічна схема докембрію Українського щита (УЩ). Еволюція поглядів на стратиграфічне розчленування докембрію УЩ розглянута в роботах [2, 16]. У останній хроностратиграфічній схемі докембрію УЩ, яка була максимально набли-

Таблиця 1. Співставлення різних геохронологічних, хроностратиграфічних і стратиграфічних шкал докембрію, млн рр.

Часова шкала	Ери та їх тривалість (МСЦ, 2004)	Український щит, 2004		Балтійський щит		Кулікович, 2005		Ери та їх тривалість [3]	Часова шкала
		Геологічні комплекси		Геологічні комплекси і надгоризонти		Тріони та їх тривалість			
540	Неопротерозой 460	650	Венд	542	Рифей	508	Другий пізньо-протерозойський 528	Neo-PR-II 510	540
			Верхній рифей (карагаїв)						
1000	Мезо-протерозой 600	1000	Середній рифей (юрматиній)	1000	Карелій	1036	Перший пізньо-протерозойський 528	Neo-PR-I 500	1050
			Нижній рифей (бурзяній, овраучій)						
1600	Палео-протерозой 900	1350	Клесовій	1600	Велсій Калевій Людиковій Ятулій Сариолій Сумій	1564	Другий ранньо-протерозойський 528	Meso-PR 500	1550
			Криворожій						
2500	Неоархей 300	1700	2000	1800	Гімала	2092	Перший ранньо-протерозойський 528	Paleo-PR 450	2050
2800	Мезоархей 400	2600	2800	2300	Лопній	2620	Другий пізньо-архейський 528	Meso-AR 450	2500
3200	Палеоархей 400	3200	3600	3200	Саамій	3148	Перший пізньо-архейський 528	Paleo-AR 450	2950
3600	Еоархей 400	3600	3600	3600	3676	4204	Другий ранньо-архейський 528	Kat-AR 400	3850

жена до Міжнародної стратиграфічної шкали і затверджена в 2004 р. [5], виділяються п'ять ер із наступними верхніми віковими межами, млн рр.: мезопротерозой (овручій) — 1100; палеопротерозой (криворожій та клесовій) — 1700; неоархей (побужій) — 2600; мезоархей (дніпровій) — 2800; палеоархей (азово-дністровій) — 3200.

До палеоархею віднесені аульська, західноприазовська та дністровсько-бузька амфіболіт- та грануліт-гнейсові серії; до мезоархею — конкська та білозерська зеленокам'яні серії; до неоархею — росинсько-тікицька та центральноприазовська амфіболіт- та грануліт-гнейсові серії; до палеопротерозою — криворізька, тетерівська, інгуло-інгулецька, клесівська та топільнянська серії; до мезопротерозою — овруцька серія. В табл. 1 наведена регіональна хроностратиграфічна схема докембрію УЩ і зіставлення її із Міжнародною стратиграфічною шкалою та шкалою М. П. Семененка.

Із наявних даних можна зробити висновок про тривалість формування регіональних стратиграфічних підрозділів, що відповідають ератемам, млн рр.: овручій — понад 300; криворожій та клесовій — 900; побужій — 200; дніпровій — 400; азово-дністровій — 600.

Звернімо увагу на істотно різну тривалість цих підрозділів, що змінюється від 200 до 900 млн рр. — більше ніж у чотири рази. Це викликає сумнів у достовірності діючої шкали і вимагає подальшого її вдосконалення.

Сучасна Міжнародна стратиграфічна шкала докембрію. Остання Міжнародна стратиграфічна шкала докембрію прийнята в 2004 р. на 32-му Міжнародному геологічному конгресі у Флоренції [22]. Згідно з цією шкалою архейська еонотема ділиться на чотири ератеми із наступними верхніми віковими межами, млн рр.: еоархей — 3600; палеоархей — 3200; мезоархей — 2800; неоархей — 2500.

Підрозділи більш високого рангу (системи) в архей не виділяються. Підрозділи протерозойської еонотеми (ератеми): палеопротерозой — 1600 (ділиться на чотири системи); мезопротерозой — 1000 (ділиться на три системи); неопротерозой — 540 (теж ділиться на три системи).

Проаналізуємо тривалість ератем архею і протерозою, млн рр.: неопротерозой — 460; мезопротерозой — 600; палеопротерозой — 900; неоархей — 300; палеоархей — 400.

Як бачимо, тривалість протерозойських ер майже удвічі більша, ніж архейських, а у межах кожного з еонів, навпаки, — пізніші ери значно коротші за попередні. Така закономірність спостерігається і у стратиграфічній схемі докембрію УЩ і пояснити ми її ніяк не можемо. Щось тут не так і щоб розібратись із цим спробуємо проаналізувати принципи та критерії, на основі яких будувалися ці шкали.

Принципи та критерії стратиграфії докембрію. До цього часу серед геологів, які вивчають і проводять картування докембрійських геологічних комплексів, переважають три групи поглядів. Згідно з першою, що домінує, між докембрієм (особливо раннім) і фанерозоєм існує суттєва різниця, що зумовлена, в першу чергу, різними термодинамічними умовами, особливостями осадкоутворення і магматизму, принципово іншим характером органічного життя і збереженням його решток або слідів, а також різним характером деформацій. Разом з тим, ця частина геологів вважає за можливе і необхідне відновлювати за комплексом геологічних, геохімічних, мінералого-петрографічних та ізотопно-геохронологічних критеріїв послідовність формування в докембрії різних геологічних комплексів, як магматичних і метаморфічних, так і первинно-осадових, і на цій основі будувати певні, хоча значною мірою й умовні, стратиграфічні схеми.

Друга, менша частина геологів, не знаходить суттєвої різниці між докембрієм і фанерозоєм у характері термодинамічних умов, магматичних, метаморфічних та осадових процесів, пов'язуючи їх лише з проявом (масштабом прояву) різних геодинамічних режимів. В умовах однакових або подібних геодинамічних режимів ці процеси відбувались однаково як у докембрії, так і у фанерозої і принципово стратифікація докембрію і фанерозою не розрізняється.

Незначна частина геологів вважає геологічні умови в докембрії і фанерозої настільки різними (аж до повної відсутності процесів осадконакопичення в докембрії), що взагалі заперечує стратифікацію ранньодокембрійських утворень, а отже, виключає можливість побудови для них будь-яких стратиграфічних схем чи вікових шкал.

Ми приєднуємося до першої групи геологів, допускаючи суттєву різницю між характером геодинамічних режимів і умовами формування переважної більшості структурно-геологічних комплексів докембрію і фанерозою, та вважаємо за можливе застосувати до вивчення і стратифікації перших більшість із принципів і критеріїв, що їх вироблено для стратифікації фанерозойських утворень.

Відомо декілька підходів до періодизації геологічної історії, а особливо до її найтривалішого відтинку часу — докембрійського. Найбільш прийнятний підхід базується на виділенні в геологічній історії глобальних тектонічних подій, періодів тектонічної і магматичної активності, які чергувалися з періодами досить спокійних епейрогенічних рухів — опускань та піднять окремих ділянок земної кори, які супроводжувались вивітрюванням або накопиченням потужних вулканогенно-осадових товщ. Періоди тектоно-магматичної активності, які проявлялися в межах різних геотектонічних структур і навіть континентів, часто співпадають у часі, що дозволяє намітити в докембрії декілька вікових меж і здійснювати міжрегіональну геологічну кореляцію. До таких меж належать границя архею і протерозою (2500–2600 млн рр.), палео- та мезопротерозою (1600–1700), час особливо інтенсивного гранітоутворення всередині палеопротерозою (1900–2000), мезо- та палеоархею, що відповідає часу закладення пізніх зеленокам'яних поясів (2800 млн рр.).

Літологічний або формаційний підхід до розчленування докембрію базується на речовинному складі метаморфічних товщ. Відомості щодо складу різновікових товщ докембрію дозволили розробити вчення про загальну еволюцію літогенезу в історії Землі, про закономірний розподіл у розрізі докембрію вулканічних порід різного складу, древніх кір вивітрювання, залізисто-кременистих та карбонатних порід, теригенних та грубоуламкових осадків та ін. Як правило, для розробки стратиграфічних схем та шкал ці два підходи поєднуються.

Третій підхід до побудови геохронологічної шкали називається хронометричним і базується на закономірній ритмічності, циклічності геологічних процесів, зумовленої, в першу чергу, обертанням Сонячної системи довкола центру Галактики, а також деякими іншими космічними чинниками. Спроби побудувати на цій основі геохронологічні шкали були здійснені Л. І. Панкулем [10, 11], Ч. Б. Борукаєвим [1], В. А. Балашовим [20] та ін. Найдетальніше розробив такий підхід А. Є. Кулінкович [6, 7], який запропонував і математично обґрунтував періодичний закон історичної геології, що полягає у наступному: "Події геологічної історії (тектонічні рухи, зміна фізико-географічних обстановок, прояви магматизму і вулканізму, формування і переформування родовищ корисних копалин, суттєві переломи в розвитку органічного світу та ін.) відбуваються на фоні поступального процесу циклічно, з правильною періодичністю, зумовленою обертанням Сонячної системи довкола центру Галактики. Специфіка цих подій в значній мірі контролюється календарними підрозділами галактичного року".

Найбільшою одиницею періодичності в системі, запропонованій А. Є. Кулінковичем, є час повного обертання вісі сонячної орбіти довкола центру Галактики — 1056 млн рр. Тривалість наступних, дрібніших ритмів кратна цій основоположній одиниці: 528, 352, 176, 44, 22, 11 млн рр. Мегацикл з періодом 528 млн рр. рівний трьом аномалістичним галактичним рокам і названий тріоном, був вибраний у якості основної геохронологічної одиниці, що відповідає за своїм значенням ері.

Стратиграфія, як фанерозойська, так і докембрійська, базується на шести принципах. 1. Принцип послідовності утворення геологічних тіл, сформульований Н. Стеноном у XVII ст.: за умови нормального залягання геологічних нашарувань кожна товща, яка залягає вище, молодша від товщі, яка залягає нижче. У стратиграфії докембрію, особливо раннього, використання цього принципу утруднено тому, що внаслідок інтенсивних і неодноразових тектонічних деформацій не завжди спостерігаємо нормальне, непорушене залягання шарів і часто необхідно вирішувати задачу їх первинного співвідношення "вище — нижче". Для цього залучають структурно-формаційні, структурно-петрологічні, геохімічні та інші методи.

2. Принцип об'єктивної реальності і неповторності стратиграфічних підрозділів, обґрунтування якого викладено М. А. Усовим. Згідно з цим принципом, будь-яке страти-

графічне розчленування повинне бути позбавленим елементів суб'єктивності та випадковості. Стратиграфічні підрозділи повинні виділятися не просто для зручності описання і систематики різноманітності геологічних об'єктів (хоча це теж дуже важливо), але перш за все для відображення реальних геологічних процесів, продуктами яких вони є. Кожний геологічний регіон складений індивідуальними, неповторними у часі і просторі геологічними тілами, що відбивають результат певних геологічних подій.

У стратиграфії докембрію велике значення має виявлення закономірностей, відповідно до яких відбувається поступальний і незворотний розвиток неорганічного світу: тектонічних режимів, геологічних формацій, певних асоціацій мінералів і хімічних елементів.

3. Принцип біостратиграфічного розчленування і кореляції, сформульований В. Смітом. Згідно з ним, відклади з однаковими органічними рештками є одновіковими. Цей принцип дуже важливий, майже винятковий для стратиграфії фанерозою, але в докембрії, особливо ранньому, він не може бути застосований не тільки через погану збереженість органічних решток, але й через низький рівень розвитку органічного світу на ранніх етапах геологічної історії і незначну диференційованість його форм.

4. Принцип вікової міграції границь геологічних тіл, відомий під назвою принципу Головінського, відповідно до якого граничні поверхні геологічних тіл не завжди є ізохронними, а літологічно однорідні шари не на всій площі їх прояву утворились одночасно. До того ж одновікові відклади по латералі можуть зазнавати суттєвих літологічних і/або фаціальних змін.

У стратиграфії докембрію, як правило, важко судити про синхронність чи асинхронність поверхонь тіл (поверхонь напластування), постійно доводиться мати справу з явищем фаціальних (формаційних) переходів одновікових підрозділів. Ці явища добре вивчили та описали Т. Ф. та В. В. Негруци на прикладі докембрію Балтійського щита [9].

5. Принцип неповноти стратиграфічного літопису: товщі порід, які спостерігаються в природі, відбивають лише частину реального геологічного часу в кожному із регіонів. Значна частина цього часу в кожному конкретному розрізі не відбивається в нашаруваннях, а припадає на перерви або лакуни. Це дуже важливий чинник, що повинен бути врахованим під час побудови стратиграфічної шкали та міжрегіональних кореляцій.

6. Принцип дуалізму стратиграфічної класифікації, яка має враховувати реальні геологічні тіла і чинник часу, вивчати нашарування гірських порід у просторовому та віковому

Таблиця 2. Тріонний календар докембрійської історії Землі, млн рр. [7]

Додекон	Гексон	Тріон	Ера
Архейський (4732–2620)	Ранньоархейський (4732–3676)	1-й Ранньоархейський (4732–4204)	Нульова (4732–4556)
			1 (4556–4380)
			2 (4380–4204)
		2-й Ранньоархейський (4204–3676)	3 (4204–4028)
			4 (4028–3962)
			5 (3962–3676)
	Пізньоархейський (3676–2620)	1-й Пізньоархейський (3676–3148)	6 (3676–3500)
			7 (3500–3324)
			8 (3324–3148)
		2-й Пізньоархейський (3148–2620)	9 (3148–2972)
			10 (2972–2796)
Протерозойський (2620–508)	Ранньопротерозойський (2620–1564)	1-й Ранньопротерозойський (2620–2092)	11 (2796–2620)
			12 (2620–2444)
			13 (2444–2268)
			14 (2268–2092)
		2-й Ранньопротерозойський (2092–1564)	15 (2092–1916)
			16 (1916–1740)
			17 (1740–1564)
	Пізньопротерозойський (1564–508)	1-й Пізньопротерозойський (1564–1036)	18 (1564–1388)
			19 (1388–1212)
			20 (1212–1036)
		2-й Пізньопротерозойський (1036–508)	21 (1036–860)
	22 (860–684)		
	23 (684–508)		

му аспектах. Відповідно до цього вчені розрізняють літо- і хроностратиграфію й послуговуються двома рядами термінів: еонотема — ератема — система та еон — ера — період. Загальна Міжнародна стратиграфічна шкала є шкалою хроностратиграфічною, її підрозділи мають універсальне, планетарне значення. Регіональні стратиграфічні схеми є літостратиграфічними й відображають геологічну історію конкретних регіонів.

Основними критеріями, що їх використовують під час створення регіональних стратиграфічних схем, є наступні: 1. Літолого-стратиграфічні. Вони охоплюють вивчення реальних геологічних розрізів, виявлення послідовності і характеру нашарування, ритмічності, наявності перерв (лакун) та ін. Використання їх дозволяє виділити характерні для розрізу типи порід та їх асоціацій (формації, серії, світи), виявити та вивчити характер природних співвідношень, стратиграфічні границі.

2. Структурно-петрологічні. Охоплюють вивчення структурно-тектонічних особливостей геологічних тіл і їх асоціацій, структурні взаємовідношення порід різного складу і генезису. Ці критерії дозволяють виявити істинну послідовність утворення порід, що складають певний розріз, кількість і порядок прояву складчастих і розривних дислокацій.

3. Ізотопно-геохронологічні. Полягають у датуванні конкретних геологічних процесів (магматизму, метаморфізму, гранітизації) і встановленні нижніх та верхніх вікових меж стратиграфічних підрозділів (серій, світ, товщ) за допомогою U-Pb, Rb-Sr, K-Ar, Sm-Nd методів за акцесорними, породоутворювальними мінералами або породою в цілому.

4. Біостратиграфічні. Ефективно застосовані для стратиграфії фанерозою, а для докембрію (і тільки пізнього) мають підпорядковане значення.

5. Мінералого-геохімічні. Базуються на тонких і закономірних особливостях хімічного складу та фізичних властивостей породоутворювальних і акцесорних мінералів, еволюції їх, пов'язаної з геологічним часом, а також еволюції складу гірських порід і їх асоціацій в процесі формування земної кори. Ці критерії поки що мало обґрунтовані, але можна припустити, що в майбутньому їм належатиме у стратиграфії докембрію така сама роль, як біостратиграфічним критеріям у стратиграфії фанерозою.

Нова шкала геологічного часу. На підставі викладеного вище ми дійшли висновку, що шкала геологічного часу повинна будуватися із врахуванням всіх означених принципів і критеріїв і спиратися як на космічні, так і на суттєво земні фактори — обґрунтування її повинно бути комплексним. Тривалість окремих стратиграфічних підрозділів одного рангу повинна бути співрозмірною, але не обов'язково однаковою, як це пропонує А. Є. Кулінкович. У табл. 2 наведена вікова шкала докембрійської історії Землі, яку А. Є. Кулінкович називає "тріонним календарем". Він відмовляється від класичних термінів "еон — ера — період" замінюючи їх термінами "додекон — гексон — тріон", що характеризуються наступними віковими ритмами, млн рр.: додекони — 2112 (архейський і протерозойський); гексони — 1056 (ранньо- та пізньоархейський, ранньо- та пізньопротерозойський); тріони — 528 (кожний із гексонів ділиться на два тріони); ери — 176 (кожний із тріонів ділиться на три ери).

Сприймаючи основну ідею — рівномірність геохронологічних підрозділів, не можемо погодитись з абсолютною їх рівномірністю, що відповідає 528 млн рр. для тріонів. Вважаємо, що на тривалість стратиграфічних підрозділів впливав не тільки рух Сонячної системи в межах Галактики, але й рух Землі в Сонячній системі, а також інші земні ендегенні чинники.

Відома гіпотеза про те, що Земля розширюється [8]. Якщо це так, то повинна мінятися і швидкість обертання Землі довкола Сонця та власної вісі. Це підтверджується даними про зміну тривалості земного року (від 421 діб у докембрії до 390 діб у пермі та 365 діб у наш час). Такі дані отримані за підрахунком кількості добових ліній росту палеозойських коралів. Відомі також уявлення астрономів про те, що Всесвіт розширюється. Отже, і обертання Сонячної системи в межах Галактики не може залишатися постійним, а змінюється з часом. Відповідно, періодичність земних процесів, у тому числі тривалість глобальних вікових підрозділів, закономірно змінюється, а точніше — вони стають довшими.

Будуючи нашу шкалу ми виходимо з того, що тривалість глобальних стратиграфічних

підрозділів (ер) змінювалася в межах 400–540 млн рр. (остання цифра — тривалість фанерозою) [3].

За точки відліку ми взяли межі докембрій — фанерозой (540 млн рр.) та архей — протерозой (2500 млн рр.). Тривалість архейських ер 400–450 млн рр., а протерозойських — 450–510 (розширення Землі в архей було повільнішим, ніж у протерозой).

Звичайно, прийняті межі у нашій шкалі дещо умовні і за їх встановлення слід припускати похибку в декілька десятків мільйонів років.

Запропонована нами шкала (табл. 3) є загальнопланетарною. На виділених рубежах (± 20 –50 млн рр.) відбувалися різкі зміни встановленої до цього рівноваги в системі Земля – Космос і запускався новий механізм ендегенних процесів у межах всієї Землі в зв'язку з перебудовою конвективних осередків мантії. Починався інтенсивний прояв глибинного магматизму, формування мантійних плумів, активне переміщення літосферних плит, пов'язані з цим тектонічні деформації, зміна характеру осадконакопичення, метаморфізму і т. п. Безумовно, на часі конкретного прояву цих процесів у межах окремих сегментів земної кори позначилося багато інших чинників, які прискорювали або затримували ці процеси (потужність земної кори і всієї літосфери, склад і стан верхньої мантії і ядра, розміри, будова і форма літосферних плит, режим глибинних флюїдів та ін.). Враховуючи це можна дещо уточнювати положення деяких вікових меж.

Границя 4250 млн рр. поки що не має геологічного вираження на земній поверхні, бо вік виявлених найдревніших гірських порід не перевищує 4100 млн рр., отже цю границю слід вважати умовною.

Границя 3850 млн рр. відповідає віку більшості виявлених останнім часом найдревніших гірських порід, хоча на УЩ вона не виходить за межі 3650 млн рр. і теж значною

Таблиця 3. Загальна геохронологічна шкала, млн рр.

Геохронологічні рубежі	Ери та їх тривалість
	Фанерозой — 540
540	Неопротерозой-II — 510
1050	Неопротерозой-I — 500
1550	Мезопротерозой — 500
2050	Палеопротерозой — 450
2500	Неоархей — 450
2950	Мезоархей — 450
3400	Палеоархей — 450
3850	Катархей — 400
4250	

мірою умовна.

Вік 3400 млн рр. на УЩ мають ендербіти літинського комплексу, що розповсюджені у Дністровсько-Бузькому мегаблоці. Такі гранітоїди розвинуті на всіх континентах.

Вік 2950–3000 млн рр. притаманний інтрузивним гранітоїдам сурського комплексу, інтрузія яких за часом відповідає закриттю найдревніших зеленокам'яних поясів, закладення яких відбулося 3200 млн рр. тому.

Границю архей — протерозой (2500 млн рр.) буде обговорено нижче.

Границя 2050–2000–1900 млн рр. ознаменувалася найбільш інтенсивними процесами гранітизації. Саме її (а не 1600 млн рр.) слід приймати за границю палео- та мезопротерозою.

Границя 1550–1600 млн рр. відповідає завершенню формування формацій габро-анортозит-рапаківігранітної та лейкократових пліомазитових і аґаїтових гранітів (пержанський та кам'яномогильський комплекси на УЩ).

І, нарешті, границя 1050–1000 млн рр. — це час прояву інтенсивного магматизму всередині неопротерозою, що ділить його на дві самостійні ери. Границя протерозой — кембрій або докембрій — фанерозой обґрунтована досить надійно не тільки ізотопно-геохронологічними даними, але й літолого-стратиграфічними та структурно-петрологічними критеріями.

Про границю архей — протерозой у світовому масштабі. У Міжнародній стратиграфічній шкалі границя архей — протерозой відповідає віку 2500 млн рр. Вона визначається за істотною зміною складу гірських порід, що накопичувалися на земній поверхні, складу вивержених гірських порід та проявом яскравого структурно-речовинного неузгодження в осадово-вулканогенній товщі земної кори.

Архейський фундамент характеризується переважанням у його складі таких вулканогенних порід, як коматити та толеїти (продукти плавлення недеплетованої або слабо деплетованої мантії) і примітивних слабо диференційованих осадків. Протерозойські вулканіти представлені переважно вапняково-лужними базальтами, а осадові утворення — інтенсивно диференційованими метаосадками. В архей відсутні залишки фауни та флори і сліди їх життєдіяльності, в той же час як протерозойські метаосадки містять залишки і сліди діяльності строматолітів, фітолітів, фітофосилій та ін.

Перехід від архею до протерозою характеризувався глобальною тектонічною перебудовою, інтенсивним функціонуванням тектоніки літосферних плит, створенням колосальних регресивних та трансгресивних осадових кратонічних басейнів.

На Канадському щиті віковий рубіж 2500 млн рр. маркується проявом інтенсивної вулканічної діяльності (кеноренський орогенез). У Південній Африці тектонічний режим цього часу характеризувався інтенсивним рифтоутворенням і інтрузією в земну кору магми мантійного походження (Велика Африканська дайка).

На інших щитах геологічні події поблизу границі архей — протерозой проявлялися у більш широкому віковому інтервалі (2800–2400 млн рр.) [23]. Так, на Балтійському щиті архейський фундамент представлений грануліто- та амфіболітогнейсами саамі (понад 3600 млн рр.), нижнього лопію (3600–2800) і зеленокам'яними утвореннями гімоли (2800–2600). Формування епіархейського кратону супроводжувалося інтенсивною гранітизацією (2700–2600 млн рр.).

Архейський фундамент незгідно перекривається метаморфізованою вулканогенно-осадочною товщею сумію (2500–2300 млн рр.) та саріолію (2300–2050). Якраз цьому віку (2500–2300) відповідає максимум рифтоутворення і вкорінення мантійних інтрузій основного та ультраосновного складу.

Границя архей — протерозой на УЩ. У чинній кореляційній хроностратиграфічній схемі докембрію УЩ границя архей — протерозой знаходиться на рівні 2600 млн рр. [4]. Але ми вважаємо за доцільне перемістити її на рівень 2500 млн рр., як це зроблено в стратиграфічній схемі докембрію Російської Федерації, і привести її у відповідність до Міжнародної стратиграфічної шкали. Геологічні події, що фіксують цей віковий рубіж, в різних мегаблоках УЩ датовані за допомогою ізотопно-геохронологічних методів у межах 2600–2400 млн рр. і потребують подальшого уточнення їх проявів.

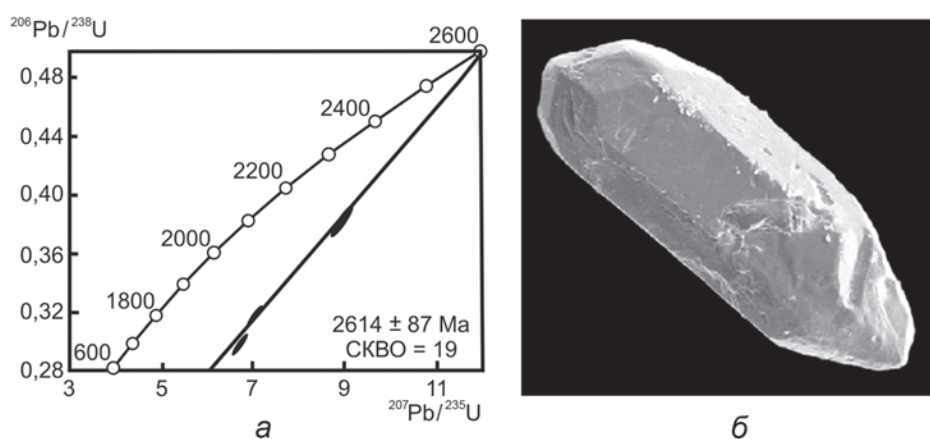


Рис. 1. Циркон з граніту біотитового ганнівського типу: *а* — U-Pb ізохрона з конкордією, *б* — пр. 87-587

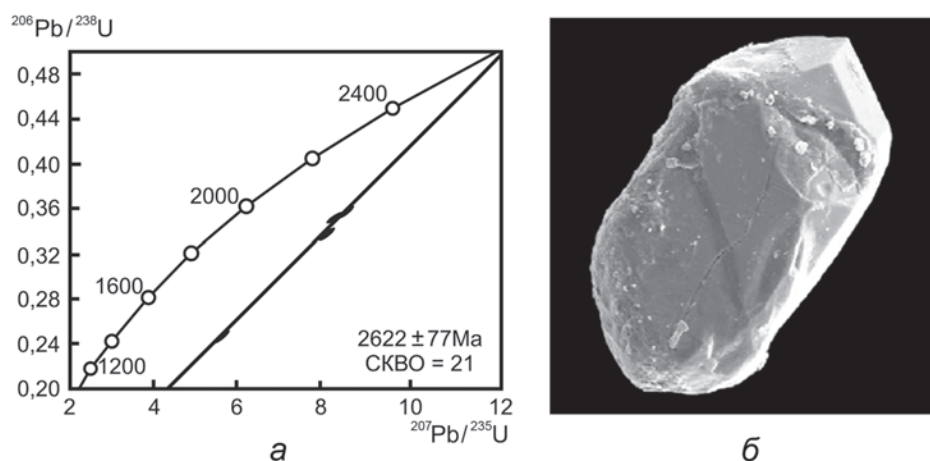


Рис. 2. Циркон з граніту біотитового ганнівського типу: *а* — U-Pb ізохрона з конкордією, *б* — пр. 87-588

У Середньопридніпровському мегаблоці кратонізація архейського граніт-зеленокам'яного фундаменту відбулася 2800–2700 млн рр. тому і пов'язана із формуванням гранітоїдів демуринського, мокромосковського і токівського комплексів. На півночі Криворізької структури в межах так званої Східноганнівської смуги відомі граніти ганнівського типу [19], які проривають амфіболіт-залізисто-кременисту товщу (конкська серія) і мають вік $2614\text{--}2622 \pm 80$ млн рр. (рис. 1, 2).

Конкська серія та граніти, що її проривають, перекриті корою вивітрювання, а потім метавулканітами новокриворізької світи криворізької серії, за цирконом із яких U-Pb методом визначений вік 2328 ± 30 млн рр., що вимагає подальшого уточнення.

Новокриворізька світа розвинута фрагментарно у вигляді вузької смуги у східному крилі Сакаганської (Ганнівської) синкліналі, у південному замиканні Основної (Криворізької) синкліналі і в нижній частині розрізу Інгульської синклінальної структури (рис. 3). До недавнього часу розріз новокриворізької світи вважали досить одноманітним, з переважанням у її складі амфіболізованих основних вулканітів. Пізніше тут були виявлені поряд з вулканітами туфогенні та первинно-осадові породи, представлені амфібол- і хлоритвмісними сланцями (кварц-актиноліт-хлоритовими, кварц-актиноліт-хлорит-біотитовими, кварц-хлорит-актинолітовими, місцями з гранатом). У тісній асоціації з ними зафіксовані шари та прошарки (до 20 м) мигдалекам'яних амфіболітів, дрібнозернистих кварцових метапісковиків та металевролітів, потужність яких збільшується угору за розрізом від перших де-

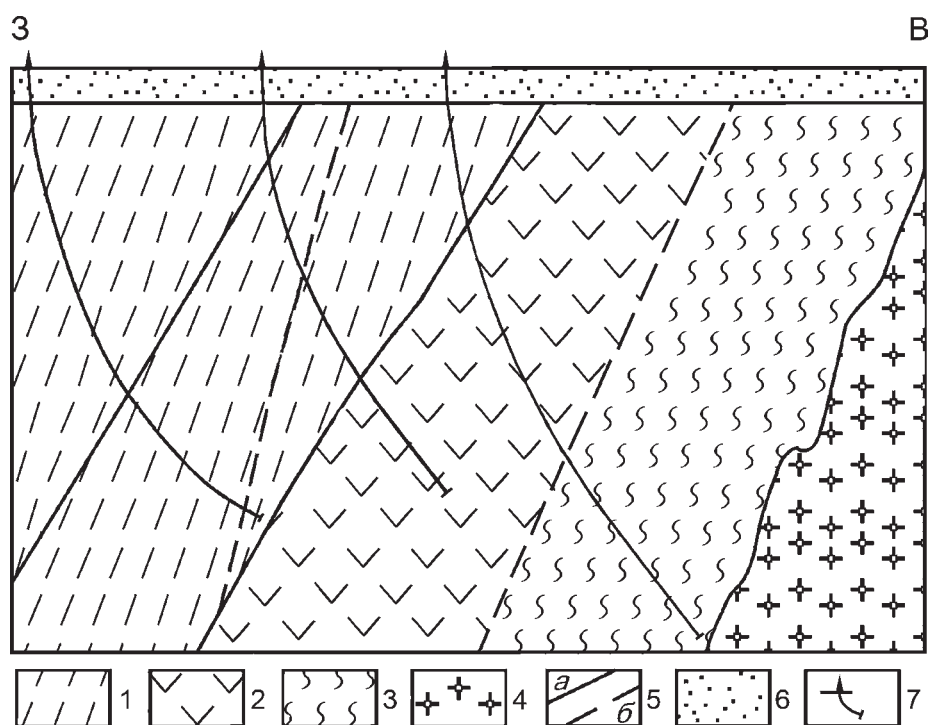


Рис. 3. Геологічний розріз через східну частину Саксаганської (Ганнівської) синкліналі з контактом порід конкської і криворізької серій: 1 — скелюватська світа, 2 — новокриворізька світа, 3 — конкська серія, 4 — граніти демуринського комплексу, 5 — розломи (а — головні, б — другорядні), б — осадовий чохол, 7 — свердловини

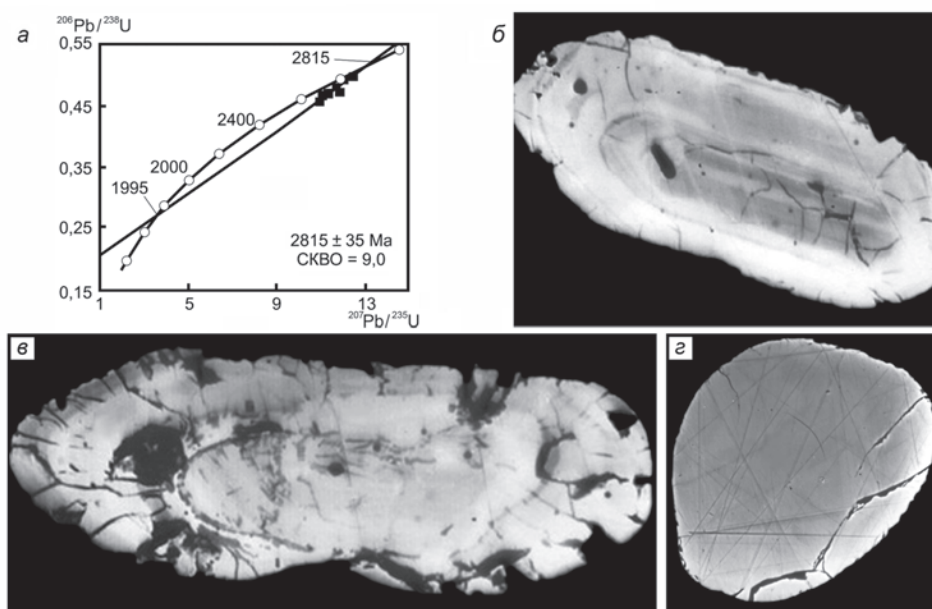


Рис. 4. Циркон із ендербіту литинського комплексу (пр. 196/81): а — U-Pb ізохрона з конкордією (синпетрогенний циркон), б, в — синпетрогенний циркон ранньої генерації, г — накладений циркон пізньої генерації

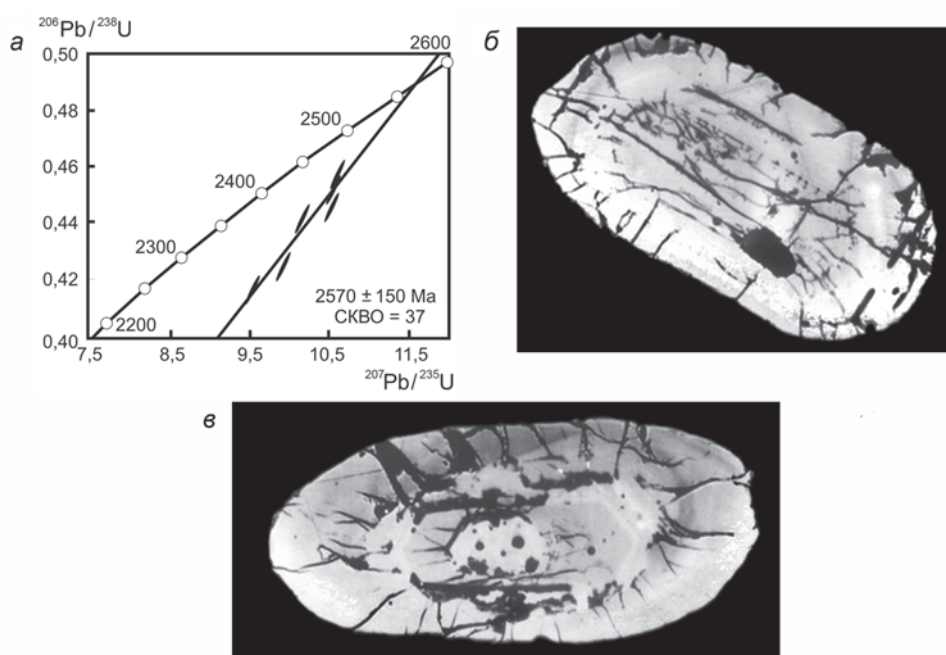


Рис. 5. Циркон із плагіогнейсу бузької серії: а — U-Pb ізохрона з конкордією б, в — пр. СП-14-5

сятків сантиметрів до перших метрів.

Деякі геологи розчленовують світу на дві підсвіти [15]. У складі нижньої переважають метаморфізовані діабазы і діабазові порфірити, які перешаровуються із кварцвмісними сланцями (метатуфітами); у нижній частині розрізу виявлений прошарок білих кварцитів і метатравелітів. Потужність підсвіти 550 м.

Верхня підсвіта складена ортосланцями основного та середнього складу з прошарками метапісковиків, а також амфіболітами з покривами тремолітованих пікритів. Потужність верхньої підсвіти — до 750 м.

У нижній частині розрізу світи на контакті її з плагіогранітами простежується зона інтенсивної тектонічної переробки з гідротермалітами, що маскує трансгресивно незгідне залягання світи на архейському фундаменті.

Амфіболіти новокриворізької світи з мигдалекам'яною структурою — це метаморфізовані, амфіболізовані базальти і андезитобазальти. Сланці, що залягають вище, є метаосадками — продуктом руйнування, перевідкладення і подальшого метаморфізму метабазитів, що залягають нижче. Осадконакопичення супроводжувалося короточасними виливами основних і середніх лав, накопиченням туфогенних продуктів.

Палеопротерозойський вік вулканітів новокриворізької світи підтверджують дані U-Pb ізохронного дослідження. Як зазначено, за цирконом одержаний вік 2328 млн рр. Вік плагіогранітів, на розмитій поверхні яких вони залягають, — 2800 млн рр., а вік наймолодших архейських гранітів ганнівського типу — 2614 млн рр. Отже, нижній віковий рубіж криворізької серії, що відповідає границі архей — протерозой, повинен розміщуватись в інтервалі 2400–2600 млн рр. і потребує подальшого уточнення [17].

У Дністровсько-Бузькому мегаблоці час прояву епіархейської кратонізації визначено за віком ендербітів літинського комплексу (2815 млн рр., рис. 4) і плагіогранітів бузької серії (2570 млн рр., рис. 5) [19]. Уточненню границі архей — протерозой тут може сприяти визначення віку мафіт-ультрамафітового капітансько-дереннохінського комплексу і уточнення віку гранітоїдів побузького комплексу, які зараз віднесені до палеопротерозою (2380–2500 млн рр.).

У Росинсько-Тікицькому мегаблоці потребує уточнення вік гранітоїдів тетіївського комплексу (2590–2615 млн рр.), з якими тут пов'язується епіархейська кратонізація (рис. 6).

У Волинському мегаблоці границя архей — протерозой визначена початком форму-

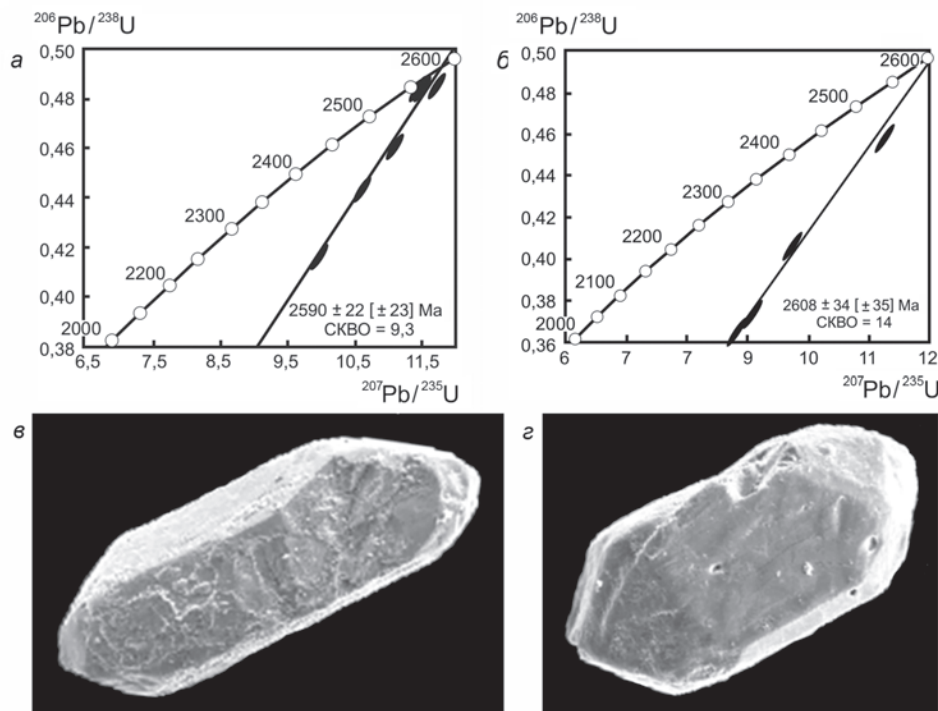


Рис. 6. Циркон із мігматиту порфірбластового тетівського комплексу: а, б — U-Pb ізохрони з конкордією (а — пр. ДЗ-5-1/84, б — пр. 0-1-84), в — пр. ДЗ-5-1/84, г — пр. 0-1-84

вання тетерівської серії, до якої належать василівська світа та новоград-волинська товща. Не виключено, що василівська світа належить до архею і її слід корелювати з березнинською товщею дністровсько-бузької серії. У зв'язку з цим має принципове значення вік плагіогранітів шереметівського комплексу, ізотопно-геохронологічні дані щодо якого поки що відсутні [14].

До шереметівського комплексу належать плагіограніти і плагіомігматити, виявлені під час буріння на Василівському структурному профілі на околицях сіл Шереметів та Василівка, західніше м. Житомир. Петротип комплексу знаходиться в районі м. Новоград-Волинський, у берегових відслоненнях р. Случ (околиця с. Олександрівка). Тут плагіограніти шереметівського комплексу утворюють малопотужні (до 2 м) згідні тіла серед гнейсів василівської світи, а також представляють жильний матеріал в біотитових плагіомігматитах. Мінеральний склад плагіогранітів, %: антипертитовий плагіоклаз (олігоклаз) — до 55, кварц — до 40, біотит — до 15, акцесорні мінерали — апатит, циркон, рутил. Породи характеризуються низькою лужністю ($\text{Na}_2\text{O} = 3,68\text{--}5,76\%$; $\text{K}_2\text{O} = 1,89\text{--}3,79\%$) і помірною залізистістю (64–73 %).

Орієнтовний вік плагіогранітів шереметівського комплексу (2500–2200 млн рр.) встановлений за фактом проривання їх субвулканічними тілами гранодіорит-порфірів новоград-волинської вулканоплутонічної асоціації, які мають вік 2200–2400 млн рр.

Спочатку для вулканогенних порід новоград-волинської товщі за допомогою U-Pb методу за цирконом був визначений вік 2400 млн рр. [18]. Але пізніше Л. М. Степанюк [4] встановив, що модельний Sm-Nd вік новоград-волинських метаплагіопорфірів не перевищує 2280 млн рр. С. Клаессон зі співавторами [21] визначили, що вік більшості кристалів циркону із ортогнейсів не перевищує 2200 млн рр., а більш древні значення пов'язані з присутністю у складі проб реліктів архейського циркону.

І нарешті, в Приазовському мегаблоці етапу мезоархейської стабілізації відповідають гранітоїди шевченківського і токмацького комплексів (2730–2770 млн рр.). Тут потребують уточнення вік центральноприазовської серії, зараз віднесеної до неоархею, та гранітоїдів обіточненського і каратюцького комплексів, що проривають цю серію.

1. *Борукаев Ч. Б.* Проблемы общей геохронологической шкалы докембрия // Геология и геофизика. — 1972. — № 3. — С. 3–14.
2. *Єсипчук К. Ю.* Регіональна стратиграфічна схема докембрію Українського щита // Минерал. журн. — 1998. — 20, № 1. — С. 57–71.
3. *Єсипчук К. Е., Бобров А. Б.* Некоторые проблемы геологии раннего докембрия Украинского щита // Там же. — 2000. — 22, № 2/3. — С. 25–35.
4. *Єсипчук К. Ю., Бобров О. Б., Степанюк Л. М. та ін.* Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита: поясн. зап. — Київ: УкрДГРІ, НСК України, 2004. — 30 с.
5. *Єсипчук К. Ю., Щербак М. П., Глеваський Є. Б. та ін.* Уточнення кореляційної стратиграфічної схеми докембрію Українського щита // Минерал. журн. — 1999. — 23, № 1. — С. 3–18.
6. *Куликович А. Е.* Периодический закон исторической геологии // История и методология геологических наук. — Киев: Наук. думка, 1985. — С. 33–48.
7. *Куликович А. Е., Якимчук Н. А., Татарникова Е. А.* От геохронологической шкалы докембрия к его геохронологическому календарю — о роли космического фактора в геологической истории // Минерал. журн. — 2005. — 27, № 3. — С. 138–152.
8. *Кэри У.* В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. — М.: Мир, 1991. — 447 с.
9. *Негруца В. В., Негруца Т. Ф.* Обстановка седиментогенеза и стратотипы дорифея. — СПб, 2006. — 96 с.
10. *Панкуль Л. И.* Фазы и циклы планетогенеза. — Алма-Ата: Наука, 1968. — 130 с.
11. *Панкуль Л. И.* Систематика глобальных циклов природных процессов. Геологические аспекты. — Алма-Ата: Наука, 1981. — 146 с.
12. *Салон Л. И.* Геологическое развитие Земли в докембрии. — Л.: Недра, 1982. — 343 с.
13. *Семенов Н. П.* Геохронологическая шкала докембрия по материалам Академии наук СССР // Тр. IX сес. Комис. по определению абсолют. возраста геол. формаций. — М.-Л., 1961. — С. 19–40.
14. *Скобелев В. М.* Геохронология гранитоидов Северо-Западного района Украинского щита // Геол. журн. — 1980. — 40, № 4. — С. 136–142.
15. *Стратиграфические разрезы докембрия Украинского щита* / Отв. ред. К. Е. Єсипчук. — Киев: Наук. думка, 1985. — 168 с.
16. *Усенко І. С.* Історія вивчення стратиграфії докембрію УРСР // Стратиграфія УРСР. Докембрій. — К.: Наук. думка, 1972. — С. 6–15.
17. *Щербак Д. М., Степанюк Л. М., Коржнев М. М.* Проблеми границі архею — протерозою Українського щита // Проблеми створення шкали геологічного часу докембрію і фанерозою України / АН України, Ін-т геол. наук. — Препр. — Київ, 1993. — С. 17–20.
18. *Щербак Н. П., Артеменко Г. В., Бартицкий Е. Н. и др.* Геохронологическая шкала докембрия Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1989. — 144 с.
19. *Щербак Н. П., Артеменко Г. В., Лесная И. М., Пономаренко А. Н.* Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. — Киев: Наук. думка, 2005. — 244 с.
20. *Balashov Yu. A.* Periodical crystal-mantle events on the Earth, global boundaries and petrological evolution of mantle magmatism in the cycles // Early Precambrian: genesis and evolution of the continental crust. — Moscow, 1999. — P. 9–10.
21. *Claesson S., Bibikova E., Skobelev V., Bogdanova S.* Paleoproterozoic crust in the north-western Ukrainian Shield // Геофиз. журн. — 2000. — 22, № 4. — С. 83–84.
22. *International Stratigraphic Chart.* To accompany "For new Geological Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogen" // Episodes. — 2004. — 27, No 2.
23. *Negrutsa T. F., Negrutsa V. Z.* The Archean-Proterozoic Boundary in the Geologic History of the Earth // Proc. 30th Int. Geol. Congr. — 1997. — Vol. 17, pt. I. — P. 15–25.

Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М. П. Семененка НАН України, Київ

Надійшла 08.08.2007

РЕЗЮМЕ. Предлагается новая шкала геологического времени для докембрия, которая базируется не только на геологических (тектонических, структурно-петрологических, литолого-стратиграфических) и изотопно-геохронологических критериях, а и на космо-хронометрических факторах — ритмичности геологических процессов, обусловленной вращением Солнечной системы вокруг центра Галактики. В этой шкале длительность глобальных стратиграфических подразделений (эр) меняется в пределах 400–540 млн лет: длительность архейских эр — 400–450, протерозойских — 450–510, а фанерозоя — 540 млн лет; увеличение связывается с расширением Земли и Космоса. В качестве опорных точек отсчета в этой системе приняты границы докембрий — фанерозой (540 млн лет) и архей — протерозой (2500 млн лет). Приведено обоснование границы архей — протерозой на Украинском щите.

SUMMARY. A new scale of geological time for Precambrian is proposed. It is based not only on geological (tectonic, structural-petrological, litho-stratigraphic) and isotopic-geochronological criteria, but also on space-chronometrical factors — the rhythmicity of geological processes, determined by the solar system rotation around the centre of the Galaxy. The time of the global stratigraphic subdivisions (eras) changes in this scale within 400–500 million years: the duration of Archean eras — 400–450, Proterozoic — 450–510 and Phanerozoic — 540 million years; the increase is connected with the expansion of the Earth and Space. The borders Precambrian — Phanerozoic (540 Ma) and Archean — Proterozoic (2500 Ma) are taken as the reference points. Substantiation of the Archean — Proterozoic boundary in the Ukrainian Shield is presented.