

УДК 550.93 (477)

Е.Е. Шестопалова¹, Л.М. Степанюк²,
Т.И. Довбуш², И.Н. Котвицкая²

¹ Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины
036680, г. Киев-142, Украина, пр. Акад. Палладина, 32

² Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семененко НАН Украины
03680, г. Киев-142, Украина, пр. Акад. Палладина, 34
E-mail: stepanyuk@igmof.gov.ua

УРАН-СВИНЦОВЫЙ ВОЗРАСТ ЦИРКОНА ГРАНИТОИДОВ КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСКОГО ПЛУТОНА (ИНГУЛЬСКИЙ МЕГАБЛОК УЩ)

Рассмотрены особенности кристалломорфологии и внутреннего строения цирконов из гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона. Выявлено сложное строение большинства зерен циркона, а также присутствие реликтовых ядер. Приведены результаты датирования циркона классическим уран-свинцовым изотопным методом. Рассчитаны первичные отношения стронция и ϵNd для гранитов рапакиви. Результаты датирования указывают на узкий временной интервал (около 1754—1748 млн лет) формирования главных разностей гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона. На основании особенностей внутреннего строения циркона высказывается предположение о возможной контаминации исходных расплавов вмещающими породами или неполном плавлении пород субстрата. Значения первичного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона и отрицательные значения ϵNd указывают на коровый источник исходных гранитных расплавов.

Ключевые слова: гранитоиды, рапакиви, циркон, реликтовые ядра, возраст, геохронология, Корсунь-Новомиргородский плутон.

Введение. Согласно данным [12], формирование Корсунь-Новомиргородского плутона не совпадает по времени и продолжительности с формированием пород аналогичного по составу и условиям образования Коростенского плутона. В отличие от гранитов Коростенского плутона, в кристаллах циркона которых реликтовые ядра отмечаются редко [1, 7], цирконы гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона имеют сложное внутреннее строение, большинство их зерен содержат ядра. В связи с этим ранее нами [9] датировались алланиты (ортиты) гранитов рапакиви Корсунь-Шевченковского (карьер Сивач, северная часть плутона) и Шполянского массива

(карьер Прудянский, южная часть плутона). Полученные по алланиту значения возраста $1753,7 \pm 1,1$ и $1753,9 \pm 0,8$ млн лет хорошо совпадают и согласуются с результатами, полученными ранее для цирконов из гранитов рапакиви карьера у с. Ташлык [11]. Ранее полученные датировки цирконов из гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона: 1752 ± 12 млн лет (рапакиви с. Ташлык) и 1835 ± 73 млн лет (аплито-пегматоидный гранит, карьер Сивач) [12], интерпретируемые как время формирования гранитоидов плутона, имеют нереально большой разрыв во времени и требуют уточнения.

Геологическое положение. Корсунь-Новомиргородский плутон находится в северо-западной части Ингульского мегаблока Украинского щита (УЩ), где образует субмеридио-

нально вытянутую полифазную интрузию в северной части антиклинорного поднятия [13]. Породы плутона прорывают палеопротерозойский складчатый фундамент, сложенный стратифицированными образованиями ингуло-ингулецкой серии и гранитоидами кировоградского комплекса. На небольшом отрезке в северо-западном контакте породы плутона граничат с плагиигранитоидами звенигородского комплекса, представленными гранитами и мигматитами, образованными по амфиболитам и кристаллосланцам, принадлежащим, возможно, к росинско-тикичской серии архея [5]. Южная граница плутона совпадает с Субботско-Мошоринской разломной зоной, по которой породы плутона граничат с магматическими образованиями Новоукраинского массива.

Корсунь-Новомиргородский плутон охватывает два крупных гранитоидных массива — Корсунь-Шевченковский в северной части плутона и Шполянский — в южной. Основной объем массивов слагают типичные крупноовоидные граниты рапакиви с ярко выраженными маргинационными структурами, а также их разновидности, связанные между собой постепенными переходами [8]. Переходы между разновидностями рапакиви осуществляются через маломощные зоны развития мелкоовоидных разностей гранитов, которые особенно широко распространены вблизи контактов гранитоидов с габбро-анортозитами [8]. Мелкоовоидные разности рапакиви содержат повышенное количество темноцветных минералов (10—15 %), на поверхности окрашены в бурые цвета и в свежем сколе имеют весьма темную окраску. С рапакиви постепенными переходами связаны и неясно- или безовоидные рапакиви подобные граниты. Как небольшие участки без четких ограничений они встречаются практически во всех известных карьерах [8]. Характеризуются близкими к рапакиви структурно-текстурными особенностями, подобным минеральным и химическим составом и, как и рапакиви, принадлежат к субщелочному ряду калиево-натриевой серии [6, 13].

Среди разновидностей гранитов рапакиви Корсунь-Новомиргородского плутона наиболее распространены биотит-амфиболовые разности с небольшим количеством пироксена и оливина. Акцессорные минералы представлены цирконом, ильменитом, апатитом, флюоритом, алланитом, пиритом, сфалеритом. Ве-

сьма характерно присутствие двух-трех генераций минералов [4] как пороодообразующих, так и акцессорных.

Рапакиви рассеяны достаточно крупными телами аплитов, аплитопегматоидных биотитовых гранитов и жилами пегматитов.

Объекты и методы исследования. Для определения времени формирования гранитов Корсунь-Новомиргородского плутона были отобраны пробы в карьерах Корсунь-Шевченковского (пр. КН-15-2, КН-15-5, КН-15-6) и Шполянского (пр. КН-13, КН-13-1) массивов рапакиви. В процессе исследования применены оптические, микронзондовые и изотопно-геохронологические методы. Возраст гранитов определен классическим уран-свинцовым изотопным методом по циркону в отделе радиогеохронологии Института геохимии, минералогии и рудообразования (ИГМР) им. Н.П. Семеновко НАН Украины. Химическая подготовка навесок циркона выполнена по стандартной методике [11, 14]. Изотопный анализ урана и свинца проведен на восьмиколлекторном масс-спектрометре МИ-1201АТ в статическом режиме; математическая обработка экспериментальных данных — по программам *Pb Dat* и *ISOPLOT* [15, 16]. Ошибки определения значений возраста приведены при 2σ . Для проверки метрологических характеристик U-Pb изотопного метода использован стандарт циркона ИГМР-1 [1].

Самарий-неодимовые и рубидий-стронциевые изотопные исследования выполнены в отделе радиогеохронологии ИГМР НАН Украины в соответствии с [2].

Исследование срезов зерен цирконов проведено с помощью электронных РЭМ-106И (режим *BSE*) в лаборатории прецизионных исследований Украинского государственного геологоразведочного института (УкрГГРИ (ГП)); *Cam Scan MW 2500 S* (режим *BSE* и катодолюминесценция) — в Центре изотопных исследований Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ЦИИ ВСЕГЕИ) и оптических (в проходящем и отраженном свете) микроскопов — в отделе геомагнетизма Института геофизики (ИГФ) им. С.И. Субботина НАН Украины, позволяющих получать изображения, на которых хорошо видна анатомия кристаллов циркона.

Шполянский массив. Граниты для изотопного датирования отобраны в карьере Прудян-

ский, расположенном на западной окраине Шполянского массива (южная часть Корсунь-Новомиргородского плутона). Карьер находится на левом берегу р. Шполка, на 1,5 км западнее ж/д станции Прудянка. Основная разновидность гранитоидов в карьере — светло-серый рапакиви. Порода очень светлая, иногда с розовым оттенком. Овоиды практически белые. Размер их — 0,8—3,5 см. Содержат точечные включения темноцветных минералов, расположенных концентрическими прерывистыми цепочками. Плагноклазовые оторочки не видны, т. к. кайма вокруг овоидов также образована темноцветными минералами. В межовоидной массе темноцветные минералы образуют скопления разнообразной формы. Рапакиви вмещают жилы пегматитов. Пегматиты красновато-розовые или мясо-красные. Сложены крупными кристаллами розового калиевого полевого шпата, серого кварца и мутно-белым плагноклазом.

Гранит рапакиви светло-серый, биотит-амфиболовый, пр. КН-13. Географическое положение: 48° 59' 29,5" СШ 31° 16' 31,0" ВД.

Средний минеральный состав, %: калишпат — 47; кварц — 30; плагноклаз — 15; амфибол — 4; биотит — 2; рудный минерал — до 1. Акцессорные минералы: апатит, циркон, флюорит, ортит. Вторичные минералы — серицит, альбит. Химический состав приведен в табл. 1.

Текстура массивная. Структура маргинационная, в межовоидной массе средне-, гипидиоморфнозернистая, с четко проявленным идиоморфизмом кварца по отношению к остальным минералам, иногда микропегматитовая с элементами гранобластовой.

Ц и р к о н. Кристаллы буро-коричневые, коричневые, реже розовые или бесцветные. Размер зерен 0,1—0,2 мм. Тип цирконовый. Облик призматический, короткопризматический, до изометрического, в единичных кристаллах — удлиненопризматический. Среди короткопризматических кристаллов изредка встречаются практически дипирамидальные зерна с очень узким поясом граней призмы. Коэффициент удлинения основной массы кристаллов 1,5—2. В огранке головок принимают участие грани призмы и тупой дипира-

Таблица 1. Химический состав гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона

Table 1. Chemical composition of granitoids of the Korsun-Novomirgorod pluton

Компонент	Порода				
	Гранит рапакиви		Пегматит	Гранит биотитовый	
	Номер образца				
	КН-13	КН-15-5	КН-13-1	КН-15-2	КН-15-6
SiO ₂	70,79	67,42	73,76	69,19	71,84
TiO ₂	0,56	0,61	0,17	0,22	0,11
Al ₂ O ₃	13,52	14,84	10,93	14,83	14,31
FeO	3,50	3,43	2,72	3,95	2,35
Fe ₂ O ₃	0,86	0,79	0,88	>0,10	>0,10
MgO	0,67	0,63	0,85	1,22	0,57
MnO	0,07	0,10	0,07	>0,02	>0,02
CaO	1,66	2,18	0,83	1,65	0,94
Na ₂ O	2,90	3,51	3,56	3,66	3,20
K ₂ O	5,54	6,26	4,80	3,50	5,20
P ₂ O ₅	0,07	0,10	<0,01	0,06	0,18
H ₂ O ⁻	0,04	0,02	0,02	0,47	0,43
П. п. п.	0,61	0,14	0,99	0,76	0,39
SO ₃ общ	<0,01	0,02	<0,01		
Сумма	100,29	100,05	99,58	99,51	99,52

Примечание. Пр. КН-13, КН-13-1 — Шполянский массив, карьер Прудянский; КН-15-5, 15-2, 15-6 — Корсунь-Шевченковский массив, карьер Сивач.

Note. Samples КН-13 and КН-13-1 — quarry Prudianka, the Shpola massif of rapakivi. Samples КН-15-5, 15-2, 15-6 — quarry Sivach, the Korsun-Shevchenko massif.

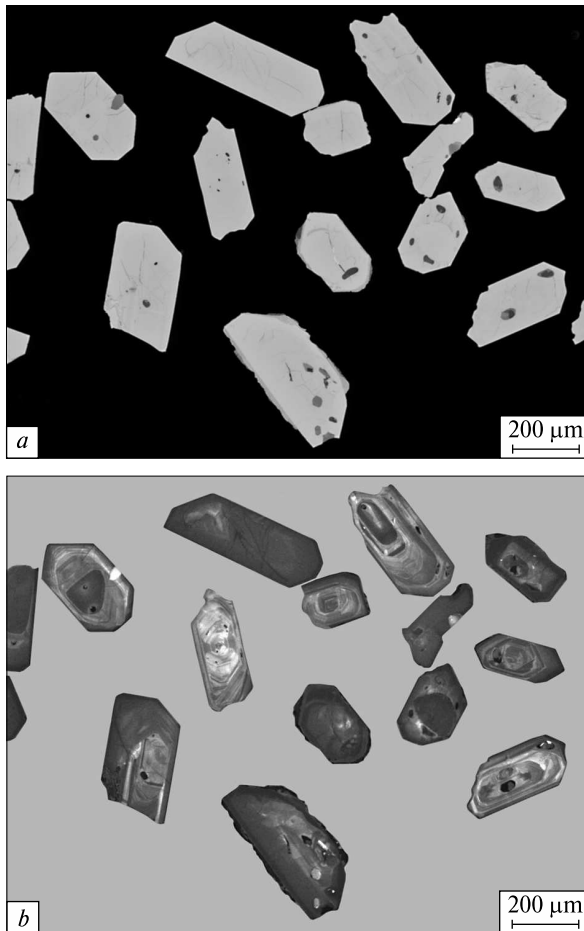


Рис. 1. Микрофотографии срезов кристаллов циркона гранита рапакиви (КН-13): а — в отраженных электронах (BSE); б — катодолуминесценция

Fig. 1. Microphotographs of zircon from rapakivi granite (KH-13): а — in the backscattered electrons raster (BSE); б — in cathodoluminescence

миды, иногда усложненной гранями острой. Для циркона характерно присутствие разнообразных сростков. Большинство зерен циркона имеют сложное внутреннее строение.

Под бинокляром цирконы рапакиви западной части Шполянського массива можно разделить на несколько типов.

1. Прозрачные кристаллы "чистой воды" с сильным блеском, бесцветные с легким сиреневато-коричневым или сиренево-розовым оттенком. Иногда видна зональность и красноватый радужный отблеск. Тип цирконовый. Облик чаще короткопризматический, реже призматический, в единичных кристаллах удлиненнопризматический. Грани гладкие и блестящие. Размер кристаллов 0,25—0,3 мм. Содержат единичные точечные включения черного цвета в центральной части зерен. С вклю-

чениями связаны небольшие зоны радиально расположенных трещинок.

2. Кристаллы коричневой окраски разной интенсивности, иногда до смоляно-черных зерен. Прозрачные, реже полупрозрачные. Блеск стеклянный. Некоторые грани кристаллов покрыты корочками. Чаще всего имеют сложное внутреннее строение, обусловленное присутствием внутреннего кристалла (ядра) светлой окраски округлой формы, достигающего коричневыми или бурыми оболочками.

3. Бесцветные или розовые и буровато-розовые кристаллы. Блеск стеклянный. Полупрозрачные. Содержат массу включений в виде пузырьков и палочек, а также включения черного цвета.

4. Непрозрачные или полупрозрачные зерна призматического и удлиненнопризматического облика. Блеск матовый. Поверхность граней бугристая с ямками и наростами. Содержат многочисленные включения породообразующих минералов.

Такое большое разнообразие морфологических типов кристаллов циркона, по нашему мнению, обусловлено сочетанием в отдельных зернах нескольких его генераций (рис. 1, 2). Они хорошо различаются на катодолуминесцентных изображениях: темные реликтовые ядра с округленными, иногда извилистыми контурами, зональный циркон с кристаллографически правильными очертаниями и темные регенерационные обрастания субидиоморфной формы, преимущественно однородные, изредка зональные (рис. 1, а; 3, б).

В проходящем свете (рис. 2) в сложных кристаллах хорошо видны внутренние ядра округлой или неправильной формы (в том числе обломки кристаллов). Они имеют светлую окраску. Характерно, что кристаллы с реликтовыми ядрами с поверхности разбиты системой трещин. Кроме реликтовых ядер внутри трещиноватых кристаллов циркона в шлихе изредка встречаются мелкие зерна округлой формы, поверхность которых корродирована и покрыта сеточкой трещин (рис. 2, с).

Для геохронологического анализа нами отобраны прозрачные кристаллы "чистой воды" с сильным блеском, бесцветные с легким сиреневато-коричневым или сиренево-розовым оттенком. Они отличаются простым внутренним строением, содержат единичные включения и практически не трещиноваты, что хорошо видно как под оптическим микроскопом в прохо-

дующем свете, так и под электронным в катодолуминесценции и режиме отраженных электронов (*BSE*) (рис. 1, *b*; 2, *a*).

Пегматит. Карьер Прудянский, пр. КН-13-1. Жилы пегматитов четко выделяются на фоне светлых рапакиви. Пегматиты кирпичного цвета, местами буровато-розовые или мяскокрасные. Внешняя часть жил сложена письменным гранитом. Внутренняя зона состоит из крупных кристаллов (1—1,5 см) калиевого полевого шпата, дымчатого кварца и крупных черных пластинок биотита. Между кристаллами калишпата видны тонкие жилочки альбита, а иногда и достаточно крупные тонкодвойникованные кристаллы. Здесь же находятся небольшие зерна серого кварца и жилообразные выделения флюорита.

Ц и р к о н пегматита представлен однотипными полупрозрачными зернами красноватобурого цвета. Блеск матовый, стеклянный. Облик короткопризматический и призматический. Тип цирконовый. Окраска в зернах распределена неравномерно. Интенсивно окрашена только внешняя часть кристаллов, в то время как центральная часть зерен остается практически бесцветной.

Часть кристаллов циркона имеет неоднородное внутреннее строение и состоит из двух, иногда трех генераций: (Ц1) — внутреннего зерна бесцветного циркона округлой формы, обрастающего (Ц2) — красновато-коричневой каймой, согласной с формой внутреннего кристалла и (Ц3) — неравномерно нарастающей прозрачной оболочкой с неровной, бугристой поверхностью без кристаллографических очертаний. Такие зерна имеют округлую или овальную форму и хорошо отличаются от основной массы кристаллов, которую мы использовали для датирования.

Корсунь-Шевченковский массив. В северной части Корсунь-Новомиргородского плутона пробы гранитоидов отобраны в карьере Сивач. Карьер находится на левом берегу р. Рось у западной окраины г. Корсунь-Шевченковский. Преобладающая разновидность пород — темно- и светло-серые крупноовоидные граниты рапакиви. С глубиной выработки цвет гранитов становится более темным. Менее распространены темные, зеленовато-серые рапакиви. В обеих разновидностях гранитов количество овоидов калиевого полевого шпата превышает 30 %, иногда составляет 50—60. Форма овоидов сферическая и эллипсоидная. Размер

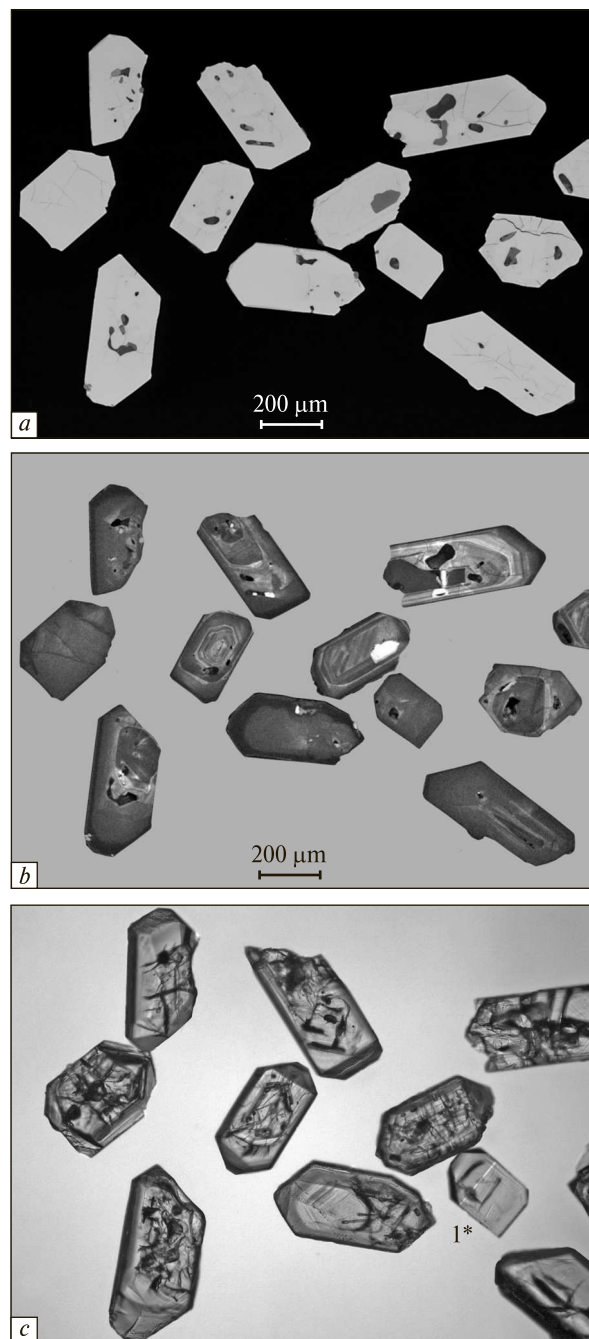


Рис. 2. Микрофотографии срезов кристаллов циркона из гранита рапакиви (КН-13): *a* — в отраженных электронах (*BSE*), *b* — катодолуминесценция, *c* — в проходящем свете, 1* — однородный тип циркона, использованный нами для датирования

Fig. 2. Microphotographs of zircon from rapakivi granite (KH-13): *a* — in the backscattered electrons raster (*BSE*); *b* — cathodoluminescence; *c* — in the passing light, 1* — homogeneous type of zircon used by us for dating

овоидов 2—5 см. Большинство овоидов имеют плагиоклазовую оторочку. Внутри овоидов присутствуют прерывистые концентрические

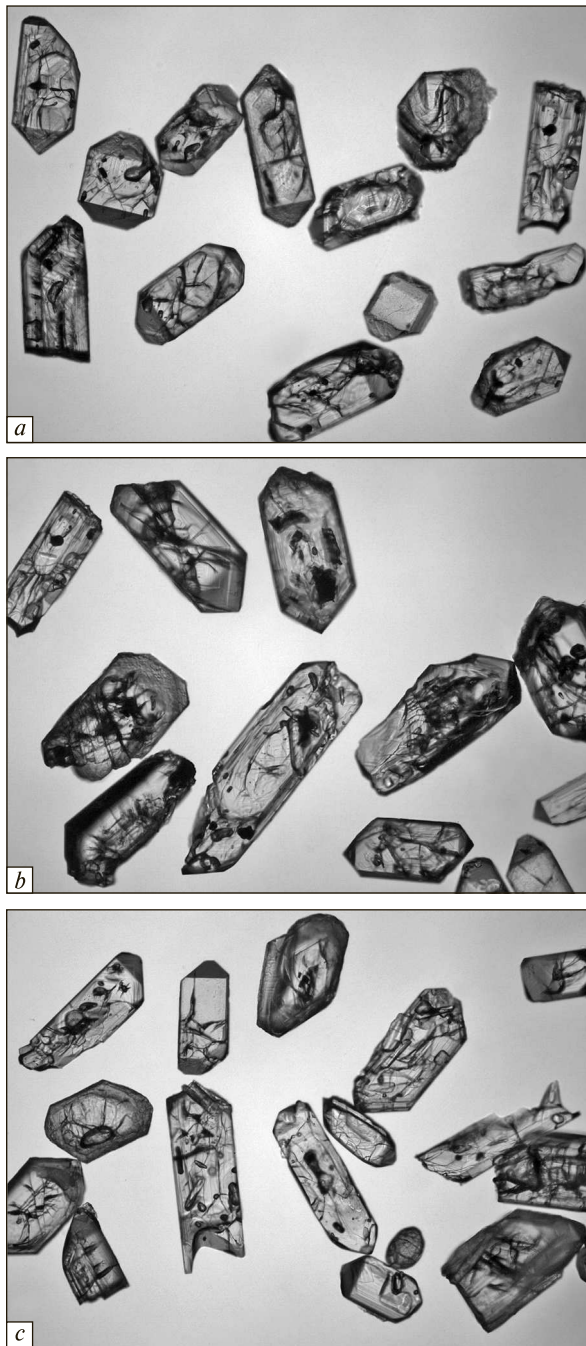


Рис. 3. Микрофотографии срезов циркона гранита рапакиви (КН-13) в проходящем свете

Fig. 3. Microphotographs of zircon from rapakivi granite (KH-13) in the passing light

зоны, образованные темноцветными минералами. Пространство между овоидами заполнено серым кварцем, полевыми шпатами, роговой обманкой и биотитом.

В северной стенке карьера на фоне серых рапакиви четко выделяется несколько тел розовых аплитовидных и аплито-пегматоидных

гранитов. Верхнее тело гранитов прослеживается в трех уступах, затем с перерывом появляется в самом нижнем уступе у кромки воды. К сожалению, точное место отбора пробы аплито-пегматоидного гранита, для циркона которого получена дата 1835 ± 73 млн лет [12], нам не известно, хотя по описанию циркона они весьма близки к цирконам из тела аплитовидного гранита (пр. КН-15-2 и КН-15-6).

Гранит рапакиви светло-серый, биотит-амфиболовый, пр. КН-15-5. Левый берег р. Рось, западная окраина г. Корсунь-Шевченковский, карьер Сивач, северный борт. Средний минеральный состав гранита, %: калишпат — 40; плагиоклаз — 30; кварц — 27; амфибол — 1; биотит — 1; рудные минералы — 1 (ильменит и сульфиды). Акцессорные минералы — апатит, циркон, флюорит, ортит. Вторичные минералы — идингсит, грюнерит, синевато-зеленый амфибол, хлорит, серицит.

Текстура массивная. Структура маргинационная, внутри овоидов пойкилитовая. Неравнозернистая в межовоидной части, средне- и мелкозернистая, гипидиоморфнозернистая.

Ц и р к о н представлен светло-, желтовато-розовыми, сиренево-коричневыми, коричневыми, реже бесцветными зернами. Тип кристаллов цирконовый. Размер зерен 0,05–0,2 мм. Облик кристаллов достаточно разнообразный: от изометрического до игольчатого. Также в рапакиви присутствует небольшое количество мелких кристаллов округленной формы со следами сложной огранки. Блеск и прозрачность зерен варьируют в широких пределах: от сильного стеклянного блеска у прозрачных кристаллов "чистой воды" до стеклянного и матового в полу- и непрозрачных зернах.

В строении циркона принимают участие грани одной призмы и тупой дипирамиды. Реже строение головок кристаллов в разной степени усложняется гранями острых дипирамид, вплоть до появления торпедовидных вершинок.

Анатомия кристаллов нами была изучена в искусственных полированных шлифах (рис. 3), в которых хорошо видно наличие в одном кристалле двух, трех зон роста (возможно, генераций циркона): центральные участки зерен более светлые в отраженных электронах, имеют округленную форму, изредка со следами растворения и заливчатыми контурами (рис. 4). Вторая зона роста присутствует не во всех

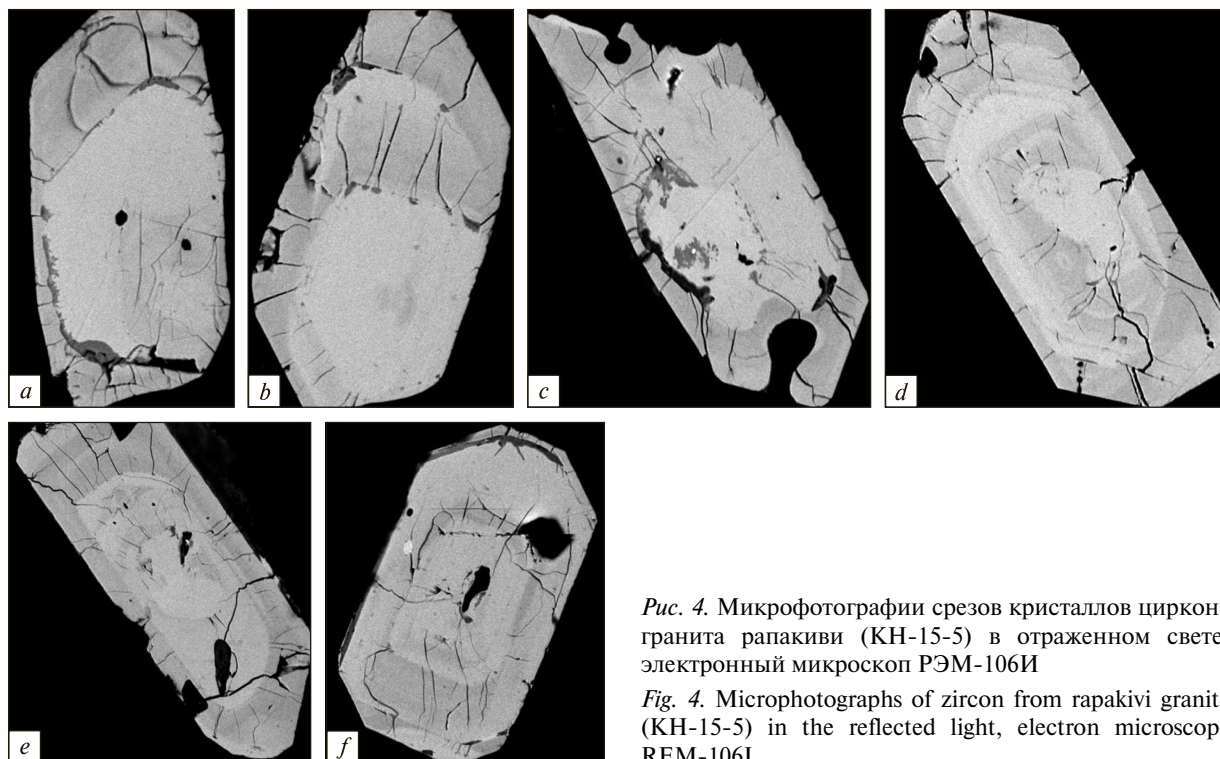


Рис. 4. Микрофотографии срезов кристаллов циркона гранита рапакиви (КН-15-5) в отраженном свете, электронный микроскоп РЭМ-106И

Fig. 4. Microphotographs of zircon from rapakivi granite (KH-15-5) in the reflected light, electron microscope REM-106I

кристаллах, характеризуется правильными кристаллографическими очертаниями, чаще всего тонкозональная, в отраженных электронах чуть темнее центральных частей кристаллов (рис. 4, *d, e*). Третья зона роста, наиболее темная в отраженных электронах, чаще всего на ее внутренней границе с первой и второй зонами, если та присутствует в кристалле, отмечаются темные полосы (присыпки), вероятно, сложенные мелкими зернами породообразующих минералов (рис. 4, *a, b*).

Для определения возраста гранита рапакиви Корсунь-Шевченковского массива нами были использованы прозрачные зерна сиренево-коричневого короткопризматического циркона с однородным внутренним строением, аналогичного первому типу циркона пр. КН-13.

Аплито-пегматоидные граниты. Пробы аплито-пегматоидных гранитов отобраны в верхнем (КН-15-6) и нижнем (КН-15-2) уступах северной стенки карьера Сивач.

Граниты розовые, красновато-розовые. Содержат черные шлировидные скопления биотита. Текстура массивная. Структура аплитовая, неравномерно-зернистая, пятнистая, местами крупнозернистая пегматитовая. В нижнем уступе граниты окрашены менее интенсивно и содержат фрагменты черной мелкозернистой породы в виде достаточно

крупных угловатых сегментов, иногда в виде полос.

Лейкократовая часть породы состоит из розового калиевого полевого шпата, дымчатого кварца и мутно-белого плагиоклаза примерно в равных количествах. Темноцветные минералы представлены небольшим количеством амфиболоподобного минерала (типа жедрита ?) и зеленовато-серой слюдой с темными пятнами (сидерофиллит ?), образующей псевдоморфозы по амфиболоподобному минералу и кордиериту, а также отдельными чешуйками биотита. В аплито-пегматоидном граните верхнего уступа присутствует зеленая шпинель, образующая мелкоагрегатные скопления зерен в виде цепочек.

Ц и р к о н. Основная масса циркона представлена полупрозрачными зернами светлорубового, розово-красного или буровато-розового цвета разной интенсивности с матовым блеском. Более мелкие зерна имеют как правило большую прозрачность и окрашены в более светлые тона до появления практически бесцветных зерен. Блеск сильный стеклянный, до алмазного у бесцветных кристаллов. Форма зерен сглаженная, овальная со следами сложной огранки. Грани призматического пояса плохо различимы, но в некоторых кристаллах видны грани двух призм — $\{100\}$ и $\{110\}$. Вер-

шинки кристаллов заостренные, огранка преимущественно гиацинтового типа [3].

Изучение срезов зерен циркона под оптическим микроскопом показало, что большинство кристаллов имеют сложное строение и состоят из внутреннего бесцветного ядра округленной формы с сильным алмазным блеском и внешней оболочки, образованной буроваторозовым или красноватым цирконом. Учитывая сложное строение зерен циркона аплито-пегматоидных биотитовых гранитов пр. КН-15-2 и КН-15-6, их датирование не проводилось.

Геохронология. Результаты изотопного датирования циркона гранитоидов приведены в табл. 2.

Для циркона гранитов Шполянского массива (рапакиви, пр. КН-13 и пегматит, пр. КН-13-1) получены несколько дискордантные (от 4,5 до 7,6 % — для первых и от 7,1 до 9,1 % — для вторых) и весьма близкие значения как по изотопному отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (1744,9—1750,8 млн лет для первых и 1747,1—1751,1 —

для вторых), так и по изотопному отношению $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (1617—1668 и 1588—1623 млн лет соответственно), не позволяющие корректно рассчитать значения возраста по пересечению конкордии с линией регрессии. Поэтому мы рассчитали средневзвешенные значения возраста по изотопному отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Для циркона рапакиви Шполянского массива оно составляет $1747,5 \pm 3,7$ млн лет, а для циркона пегматита — $1748,2 \pm 4,2$ (табл. 2; рис. 5).

Близкое значение возраста — 1748,8 млн лет (по $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) получено и для циркона гранита рапакиви Корсунь-Шевченковского массива (пр. КН-15-5, табл. 2), при дискордантности 2,3 %, что свидетельствует об их синхронной кристаллизации.

Возрастные значения, полученные по алланиту (ортиту) [9] и однородным зернам циркона гранитов рапакиви обоих массивов, хорошо совпадают (в пределах ошибки) и характеризуют время формирования гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона.

Таблица 2. Содержание урана, свинца и изотопный состав свинца в цирконах гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона

Table 2. The content of U, Pb and Pb isotope composition in zircons from granitoids of the Korsun-Novomirgorod pluton

Фракция минерала	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
<i>Проба КН-13</i>										
1	483,9	149,2	10730	9,2362	6,8241	0,28518	4,2115	1617	1676	1750,8
2	715,6	226,6	3880	9,0613	7,3481	0,29403	4,3364	1662	1700	1748,3
3	403,0	125,5	6070	9,1752	6,5669	0,28621	4,2168	1623	1677	1746,5
4	233,4	77,2	1850	8,7635	5,7087	0,29540	4,3527	1668	1703	1746,7
5	616,0	190,3	16610	9,3041	7,4571	0,28892	4,2532	1636	1684	1744,9
<i>Проба КН-13-1</i>										
1	1990	611,5	7730	9,2047	7,2854	0,28600	4,2190	1622	1678	1748,7
2	2175	649,6	9890	9,2439	7,5683	0,27937	4,1182	1588	1658	1747,4
3	2093	636,8	9970	9,2268	7,5489	0,28455	4,2029	1614	1675	1751,1
4	2166	663,1	10060	9,2430	7,5781	0,28638	4,2229	1623	1678	1748,0
<i>Проба КН-15-5</i>										
1	394,2	135,7	6035	9,1625	7,2119	0,31989	4,7191	1789	1771	1748,8

Примечание. Размерные фракции 1—5 получены путем скатывания кристаллов по наклонной плоскости. Поправка на обыкновенный свинец введена по Стейси и Крамерсу [17] на возраст 1750 млн лет. Пр. КН-13, КН-13-1 — карьер Прудянский, Шполянский массив рапакиви; пр. КН-15-5 — рапакиви карьера Сивач, Корсунь-Шевченковский массив.

Note. Size fractions 1—5 are obtained by rolling crystals on a ramp. Correction for the common lead is entered according to Stacey and Kramers [17] for the age of 1750 Ma. Samples КН-13 and КН-13-1 — quarry Prudianka, the Shpola massif of rapakivi; sample КН-15-5 — quarry Sivach, the Korsun-Shevchenko massif.

Для определения источника (кора — мантия) первичных расплавов нами изучены Rb-Sr изотопные системы плагиоклазов и апатитов и Sm-Nd — валовых проб гранитов. Значения первичного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, полученные для апатита и плагиоклаза гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона, изменяются от 0,70898 до 0,72623 (табл. 3).

Результаты изучения самарий-неодимовых изотопных систем (табл. 4) показали отрицательные значения $\epsilon_{\text{Nd}}(1750) = -4,8$ для рапакиви Шполянского массива и $\epsilon_{\text{Nd}}(1750) = -2,6$ для светлых разностей рапакиви карьера Сивач в Корсунь-Шевченковском массиве.

Обсуждение результатов. Результаты проведенных исследований циркона гранитоидов указывают на присутствие в них нескольких типов кристаллов, различающихся как по облику и окраске, так и по анатомии, что свидетельствует о сложной истории их образования.

Для однородных зерен циркона, использованного нами для геохронологического дати-

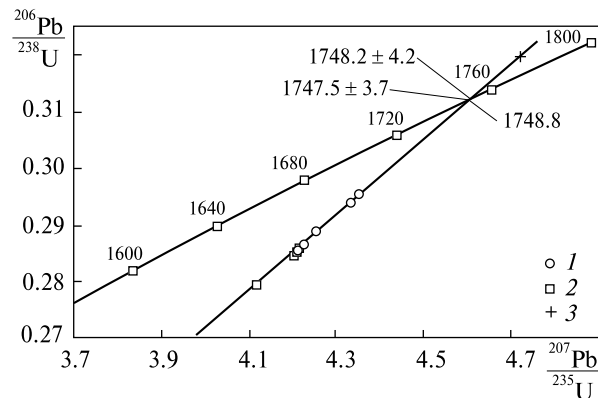


Рис. 5. Уран-свинцовая диаграмма с конкордией для циркона рапакиви Корсунь-Новомиргородского плутона: 1 — пегматит (КН-13-1); 2 — рапакиви (КН-13), Шполянский массив рапакиви, карьер Прудянский; 3 — рапакиви (КН-15-5), Корсунь-Шевченковский массив, карьер Сивач

Fig. 5. The U-Pb diagram with concordia for the Korsun-Novomirgorod pluton rapakivi zircon: 1 — pegmatite (КН-13-1); 2 — rapakivi (КН-13, the Shpola massif, the quarry Prudianka); 3 — rapakivi (КН-15-5, the Korsun-Shevchenko massif, the quarry Sivach)

Таблица 3. Содержание рубидия, стронция и изотопные отношения стронция в гранитоидах Корсунь-Новомиргородского плутона

Table 3. The content of Rb, Sr and Sr isotope composition in the granitoids of the Korsun-Novomirgorod pluton

Номер пробы	Минерал	Содержание, ppm				$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$		ϵ_{Sr}^*
		Rb	Sr	^{87}Rb	^{86}Sr		Измер.	Исправ.*	
КН-15-1	Апатит	—	—	—	—	—	0,70898 ± 5	0,70898	91
КН-15-5		—	—	—	—	—	0,72623 ± 6	0,72623	336
КН-14-8	Плагиоклаз	32,8	245	9,30	23,7	0,3876	0,71975 ± 6	0,71000	105
КН-13		6,377	77,6	1,80494	7,49629	0,23801	0,71835 ± 5	0,71236	139

Примечание. Пр. КН-15-1 и КН-15-5 — карьер Сивач, Корсунь-Шевченковский массив; КН-14-8 — п.г.т. Городище, Корсунь-Шевченковский массив гранитов рапакиви, северная часть плутона; КН-13 — карьер Прудянский, Шполянский массив рапакиви, южная часть плутона; * — возраст, на который рассчитывали ϵ_{Sr} и исходное отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 1750$ млн лет.

Note. Samples КН-15-1 and КН-15-5 — quarry Sivach, the Korsun-Shevchenko massif; КН-14-8 — p.g.t. Gorodyshche, the Korsun-Shevchenko massif of rapakivi in the northern part of the pluton; КН-13 — quarry Prudianka, the Shpola massif of rapakivi in the southern part of the pluton; * — age used for calculation ϵ_{Sr} and initial ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 1750$ Ma.

Таблица 4. Результаты Sm-Nd исследований гранитов рапакиви Корсунь-Новомиргородского плутона

Table 4. Results of Sm-Nd studies of rapakivi granites of the Korsun-Novomirgorod pluton

Номер пробы	Содержание, ppm		Изотопные отношения		Модельный возраст		ϵ_{Nd}^*
	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} \pm \sigma$	CHUR	DM	
КН-15-1	0,9551	9,387	0,09966	0,511390 ± 6	1954	2204	-2,6
КН-13	2,030	17,88	0,11120	0,511411 ± 5	2179	2436	-4,8

Примечание. Пр. КН-15-1 — гранит рапакиви, карьер Сивач, северная часть плутона; КН-13 — гранит рапакиви, карьер Прудянский, южная часть плутона; * — возраст, на который рассчитывали ϵ_{Nd} .

Note. Sample КН-15-1 — rapakivi sampled at the quarry Sivach, northern part of the pluton; КН-13 — rapakivi sampled at the quarry Prudianka, the southern part of the pluton; * — age for calculation of ϵ_{Nd} .

рования гранитов рапакиви, получены близкие возрастные значения ($1747,5 \pm 3,7$ и $1748,8$ млн лет, рис. 5), что свидетельствует о синхронном образовании данного типа кристаллов в рапакиви обоих массивов. Принимая во внимание близкое значение возраста ($1748,2 \pm 4,2$ млн лет), полученное и для однородных кристаллов циркона из гранитных пегматитов, можно с достаточной уверенностью полагать, что кристаллизация однородных кристаллов циркона (первый тип, пр. КН-13) рапакиви может быть связана с завершающими процессами становления гранитоидов.

Несколько более древние значения возраста ($1753,7 \pm 1,1$ и $1753,9 \pm 0,8$ млн лет), полученные нами ранее для алланитов из этих же рапакиви [9], возможно, связаны с ранним этапом их кристаллизации, но в целом в пределах ошибки возраст алланита и однородного циркона практически совпадает.

Ядра могут представлять собой ксеногенные зерна, захваченные из вмещающих пород при внедрении расплава, либо реликтовый циркон пород субстрата.

Согласно недавно опубликованным результатам детальных петрологических исследований пород габбро-анортозит-рапакивигранитной формации Коростенского и Корсунь-Новомиргородского плутонов УЩ [6, 10], образование гранитных расплавов связывают с внедрением мантийных расплавов и частичным плавлением субстрата коры. Присутствие реликтовых ядер в цирконе подтверждает эту точку зрения и указывает на возможное присутствие следов субстрата (субстратов). О коровом источнике первичных магматических расплавов гранитоидов свидетельствуют и результаты самарий-неодимовых и рубидий-стронциевых исследований (табл. 3, 4).

Выводы. 1. Гранитоиды Корсунь-Шевченковского и Шполянського массивов были сформированы одновременно в возрастном интервале 1754—1748 млн лет (в пределах точности методов).

2. Присутствие нескольких генераций породообразующих и акцессорных минералов, сложное строение циркона и присутствие в нем реликтовых ядер свидетельствуют о ведущей роли корового вещества в формировании инициальных расплавов гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона.

3. Высокие значения первичного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в апатитах и плагиоклазах грани-

тоидов Корсунь-Новомиргородского плутона и отрицательные значения ϵNd подтверждают петрологические представления о формировании гранитоидов и указывают на коровый источник их исходных расплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартницкий Е.Н., Бибикова Е.В., Верхогляд В.М., Леекова Г.В., Скобелев В.М., Терещ Г.Я. ИГМР-1. Международный стандарт циркона для уран-свинцовых изотопных исследований // Геохимия и рудообразование. — 1995. — № 21. — С. 164—167.
2. Довбуш Т.І., Скобелев В.М., Степанюк Л.М. Методичні рекомендації з уран-свинцевого, рубідій-стронцієвого та самарій-неодимового ізотопного датування геологічних об'єктів при ГРР: Метод. рекомендації. — К.: УкрДГРІ, 2007. — 84 с.
3. Куц В.П., Машкина А.А. Морфологические типы акцессорных цирконов из гранитов Приазовья. — Киев: Наук. думка, 1965. — 186 с.
4. Левковский Р.З. Рапакиви. — М.: Недра, 1975. — 223 с.
5. Митрохин О.В. Регіональні провінції анортозит-рапакивігранітної формації протерозою // Вісн. КНУ ім. Т. Шевченка. — 2009. — № 46. — С. 4—10.
6. Митрохин О.В. Анортозит-рапакивігранітна формація Українського щита (геологія, речовинний склад та умови формування): Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. — К.: Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка, 2011. — 36 с.
7. Носырев И.В., Робул В.М., Есипчук К.Е., Орса В.И. Генерационный анализ акцессорного циркона. — М.: Наука, 1989. — 202 с.
8. Свешников К.И. О возрастной последовательности пород Корсунь-Новомиргородского плутона // Геол. журн. — 1981. — 41. — № 4. — С. 62—68.
9. Шестопалова О.Е., Степанюк Л.М., Довбуш Т.І. U-Pb (за ортитамі) вік гранітів рапакиві Корсунь-Новомиргородського плутону // Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. "Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы". — Киев, 2010. — С. 245—248.
10. Шумлянський Л.В. Петрологія та геохронологія породних комплексів північно-західного району Українського щита та його західного схилу: Автореф. дис. ... д-ра геол. наук / НАН України. ІГМР. — К., 2012. — 35 с.
11. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницкий Е.Н., Верхогляд В.М., Комаристый А.А., Лесная И.М., Мицкевич Н.Ю., Пономаренко А.Н., Скобелев В.М., Щербак Д.Н. Геохронологическая шкала докембрия Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1989. — 140 с.
12. 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. — 238 с.

13. Щербак І.Б. Петрологія Українського щита. — Львів: ЗУКЦ, 2005. — 364 с.
14. Krough T.E. A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination // *Geochim. et cosmochim. acta.* — 1973. — 37, No 3. — P. 485—494.
15. Ludwig K.R. Pb Dat for MS-DOS, version 1.06 // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. — 1989. — 542, No 88. — P. 40.
16. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0 // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. — 1990. — 557, No 88. — P. 38.
17. Stacey J.S., Kramers I.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model // *Earth and Planet. Sci. Lett.* — 1975. — 26. — P. 207—221.
12. Shcherbak, M.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, O.M. and Shumlyansky, L.V. (2008), *Geokhronologiya rannego dokembriya Ukrainського shchyta. Proterozoy*, Nauk. dumka, Kyiv, 238 p.
13. Shcherbakov, I.B. (2005), *Petrologiya Ukrainського shchyta*, ZUKTs, Lviv, 364 p.
14. Krough, T.E. (1973), *Geochim. and cosmochim. acta*, Vol. 37 No 3, pp. 485-494.
15. Ludwig, K.R. (1989), *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, Vol. 542 No. 88, p. 40.
16. Ludwig, K.R. (1990), *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, Vol. 557 No 88, p. 38.
17. Stacey, J.S. and Kramers, I.D. (1975), *Earth and Planet. Sci. Lett.*, Vol. 26, pp. 207-221.

Поступила 11.08.2014

Received 11.08.2014

REFERENCES

1. Bartnitskiy, E.N., Bibikova, E.V., Verhoglyad, V.M., Legkova, G.V., Skobelev, V.M. and Terets, G.Ya. (1995), *Geohimiya i rudoobrazovanie*, No 21, pp. 164-167.
2. Dovbush, T.I., Skobelev, V.M. and Stepanyuk, L.M. (2007), *Metodichni rekomendatsiyi z uran-svintsevo, rubidiy-strontsiyevogo ta samariy-neodimovogo izotopnogo datuvannya geologichnih ob'ektiv pri GRR. Metod. rekomendatsiyi*, UkrDGRI, Kyiv, 84 p.
3. Kuts, V.P. and Mashkina, A.A. (1965), *Morfologicheskie tipy aktsessorniyh tsirkonov iz granitov Priazovya*, Nauk. dumka, Kyiv, 186 p.
4. Levkovskyy, R.Z. (1975), *Rapakivi*, Nedra, Moscow, 223 p.
5. Mitrokhin, O.V. (2009), *Visnyk KNU im. T. Shevchenko*, No 46, pp. 4-10.
6. Mitrokhin, O.V. (2011), *Anortozit-rapakivigranitna formatsiya Ukrayinskogo schita (geologiya, rehovinniy sklad ta umovi formuvannya)*, Avtoref. dis. d-ra geol. nauk, KNU im. Shevchenko, Kyiv, 36 p.
7. Nosyrev, I.V., Robul, V.M., Esipchuk, K.E. and Orsa, V.I. (1989), *Generatsionnyy analiz aktsessornogo tsirkona*, Nauka, Moscow, 202 p.
8. Sveshnikov, K.I. (1981), *Geol. zhurn.*, Kyiv, Vol. 41 No 4, pp. 62-68.
9. Shestopalova, O.E., Stepanyuk, L.M. and Dovbush, T.I. (2010), *Tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Stratigrafiya, geokhronologiya i korrelyatsiya nizhnedokembriyskikh porodnykh kompleksov fundamenta Vostochno-Evropeyskoy platformy"*, Kyiv, pp. 245-248.
10. Shumlyansky, L.V. (2012), *Petrologiya ta geokhronologiya porodnykh kompleksiv pivnichno-zakhidnogo rayonu Ukrain'skoho shchyta ta yoho zakhidnoho skhylyu*, Avtoref. dys. d-ra heol. nauk, NAN of Ukraine, IGMR, Kyiv, 35 p.
11. Shcherbak, M.P., Artemenko, G.V., Bartnitskiy, E.N., Verhoglyad, V.M., Komaristyy, A.A., Lesnaya, I.M., Mitskevich, N.Yu., Ponomarenko, O.M., Skobelev, V.M. and Shcherbak, D.N. (1989), *Geokhronolo-*

O.E. Shestopalova¹, L.M. Stepanyuk²,
T.I. Dovbush², I.M. Kotvitska²

¹ Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
03680, м. Київ-142, Україна,
пр. Акад. Палладіна, 32

² Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна,
пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: stepanyuk@igmof.gov.ua

УРАН-СВИНЦЕВИЙ ВІК
ЦИРКОНУ ГРАНИТОІДІВ КОРСУНЬ-
НОВОМИРГОРОДСЬКОГО ПЛУТОНУ
(ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК УЩ)

Розглянуто особливості кристаломорфології та внутрішньої будови цирконів з гранітоїдів Корсунь-Шевченківського (північна частина) та Шполянського (південна частина) масивів Корсунь-Новомиргородського плутону. Встановлено складну внутрішню будову у більшості кристалів циркону, а також наявність реліктових ядер. Наведено результати датування циркону класичним уран-свинцевим ізотопним методом. Визначено первинні співвідношення стронцію та εNd для гранітів рапаківі. Результати датування вказують на вузький часовий інтервал (близько 1754—1748 млн рр.) формування головних різновидів гранітоїдів Корсунь-Новомиргородського масиву. На підставі особливостей внутрішньої будови циркону зроблено припущення про можливу контамінацію вихідних розплавів вмісними породами або неповне плавлення первинного субстрату. Високі значення первинного співвідношення ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr в гранітоїдах Корсунь-Новомиргородського плутону та від'ємні значення εNd вказують на корові джерела вихідних гранітних розплавів.

Ключові слова: гранітоїди, рапаківі, циркон, реліктові ядра, вік, геохронологія, Корсунь-Новомиргородський плутон.

*O.E. Shestopalova*¹, *L.M. Stepanyuk*²,
*T.I. Dovbush*², *I.N. Kotvitskaya*²

¹ S.I. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine
32, Acad. Palladina Pr., Kyiv-142, Ukraine, 03680

² M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,
Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine
34, Acad. Palladina Pr., Kyiv-142, Ukraine, 03680
E-mail: stepanyuk@igmof.gov.ua

URANIUM-LEAD AGE OF ZIRCON
FROM GRANITOIDS OF THE KORSUN-
NOVOMIRGOROD PLUTON (INGUL
MEGABLOCK, UKRAINIAN SHIELD)

Korsun-Novomirgorod pluton is located in the North-Western part of the Ukrainian Shield Ingul megablock, where the submeridional polyphase intrusion in the northern part of anticlinorial uplift is formed by it. Pluton rocks burst through the lower-Proterozoic folded basement, consisting of the stratified formations of the Ingul-Ingulets series and Kirovograd complex granitoids. Pluton has two large granitoidic massifs: the Korsun-Shevchenko in the northern part of the pluton and the Shpola massif in its southern part. The central part of massifs consists of typical large-ovoidical rapakivi granites with pronounced marginal struc-

tures. The features of crystallomorphology and internal structure of zircons of the both granitoid massifs of the Korsun-Novomirgorod pluton have been studied here. Optical, microprobe, isotopic and geochronological methods were also used. The complex structure of the majority of zircon grains, and the presence of relict cores were revealed in them. A detailed study of the microphotographs of rapakivi granites zircon made it possible to identify homogeneous generation, which has been used for dating by the classic U-Pb isotopic method (IGMR). Dating results show a narrow time interval (about 1754–1748 Ma) for the formation of main differences of granitoids of the Korsun-Novomirgorod pluton. Strontium and ϵNd primary ratios for rapakivi granites of the northern and southern pluton massifs have been defined. Contamination of the sources melts by the surrounding rocks or by partial melting of rocks substrate was supposed as possible on the internal structure of zircon basement. Primary granitoids melts sources are indicated by high values of the primary ratios $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ of the Korsun-Novomirgorod pluton rapakivi granites and negative values of ϵNd point to the core source of the primary granitoid melts.

Keywords: granitoids, rapakivi, zircon, relict cores, age, geochronology, Korsun-Novomirgorod pluton.