

УДК 550.93 (477)

Е.Е. Шестопалова<sup>1</sup>, Л.М. Степанюк<sup>2</sup>,  
Т.И. Довбуш<sup>2</sup>, И.Н. Котвицкая<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> 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

## ИЗОТОПНЫЙ ВОЗРАСТ ЦИРКОНА ГАББРОИДОВ ГОРОДИЩЕНСКОГО МАССИВА (КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСКИЙ ПЛУТОН, ИНГУЛЬСКИЙ МЕГАБЛОК УЩ)

Городищенский массив площадью около 200 км<sup>2</sup> находится в западной части Корсунь-Новомиргородского плутона и сложен анортозитами, норито-анортозитами (~80 % площади массива), норитами и габбро-норитами. Возраст габброидов массива определен уран-свинцовым изотопным методом по циркону. Пробы для изотопного датирования отобраны в естественных и искусственных обнажениях окрестностей п.г.т. Городище, сел Хлыстуновка и Вороновка. Методами оптической и электронной микроскопии выявлено сложное строение многих кристаллов циркона, а также присутствие в некоторых из них реликтовых ядер. Анортозитовым разностям габброидов в большей мере характерны сложные кристаллы циркона и большее разнообразие их типов, что, по-видимому, обусловлено более продолжительным существованием анортозитовых расплавов и более сложной историей их формирования. Уран-свинцовым изотопным методом определен возраст по однородным кристаллам циркона норитовых и анортозитовых разностей габброидов — 1740—1770 млн лет. Для цирконов из оливинового габбро-норито-анортозита восточной окраины п.г.т. Городище получены значения возраста по изотопному отношению <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb — 1774,6—1750,4 млн лет (дискордантность от 4,0 до 8,5 %). Возраст бадделита по изотопному отношению <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb составляет 1758,2 млн лет. Возраст цирконов из оливинового габбро-норито-анортозита (с. Хлыстуновка) рассчитан по верхнему пересечению конкордии с дискордией и составляет 1738,8 ± 3,6 млн лет, средневзвешенное значение возраста по отношению <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb — 1739,4 ± 3,4 млн лет. Несколько большее значение возраста (1749 ± 0,5 млн лет) получено для цирконов из порфировидного норита (с. Хлыстуновка). Практически такой же возраст (1750,1 ± 1,2 млн лет) установлен для прозрачного светлорозового циркона "чистой воды" из оливинового норито-троктолита с. Вороновка. Высказано предположение о возможной контаминации исходных расплавов вмещающими породами или неполном плавлении пород корового субстрата, что подтверждается весьма высокими значениями первичного изотопного отношения <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr 0,7053—0,7069, рассчитанного для плагиоклазов и апатитов из датированных проб габброидов.

*Ключевые слова:* габброиды, габбро-норито-анортозиты, циркон, реликтовые ядра, геохронологическое датирование, возраст, Корсунь-Новомиргородский плутон.

**Введение.** Корсунь-Новомиргородский плутон расположен в северо-западной части Ингульского мегаблока, где прорывает метаморфические образования ингуло-ингулецкой серии и ультраметаморфические гранитоиды кировоградского комплекса. Плутон сложен интрузивными образованиями габбро-анортозит-ра-

пакивигранитного комплекса. Габбро-анортозиты образуют четыре массива: Межириченский, Городищенский, Смелянский и Новомиргородский, гранитоиды — два крупных массива: Корсунь-Шевченковский и Шполянский. Породы субщелочного ряда образуют как самостоятельные тела [3, 4, 6] внутри габбро-анортозитовых массивов, так и гибридные образования по периферии массивов на контак-

© Е.Е. ШЕСТОПАЛОВА, Л.М. СТЕПАНЮК,  
Т.И. ДОВБУШ, И.Н. КОТВИЦКАЯ, 2015

тах с гранитоидами. В данной статье изложены результаты геохронологических исследований циркона из габброидов Городищенского массива.

**Геологическое положение.** Городищенский массив площадью около 200 км<sup>2</sup> находится в западной части Корсунь-Новомиргородского плутона. Крупнозернистые анортозиты и норито-анортозиты слагают около 80 % площади массива. Нориты и габбро-нориты образуют пластообразные тела, вытянутые в северо-западном направлении [4, 6]. В целом массив окружен гранитами рапакиви, а в западном контакте вмещающими породами служат гнейсы рощаховской свиты ингуло-ингулецкой серии и гранитоиды кировоградского комплекса.

**Объекты и методы исследований.** Для определения времени формирования габброидов Городищенского массива пробы отбирали в естественных и искусственных обнажениях окрестностей п.г.т. Городище, сел Хлыстуновка, Вязовок и Вороновка. В процессе исследования применялись оптические, микронзондовые и изотопно-геохронологические методы. Качественный анализ состава включений проведен с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ-106И в лаборатории

прецизионных аналитических исследований УкрГГРИ. Проанализированы зерна циркона, заплавленные в эпоксидную смолу и срезанные алмазными пастами приблизительно до половины объема.

Возраст габброидов определен классическим уран-свинцовым изотопным методом по циркону и бадделейту в отделе радиогеохронологии Института геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко (ИГМР) НАН Украины. Химическая подготовка навесок циркона выполнена по стандартной методике [9]. 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* [10, 11]. Ошибки определения возраста приведены при 2σ. Для проверки метрологических характеристик U-Pb изотопного метода использован стандарт циркона ИГМР-1 [1]. Рубидий-стронциевые изотопные исследования выполнены в отделе радиогеохронологии ИГМР НАН Украины в соответствии с Методическими рекомендациями [2].

**Оливиновый габбро-норито-анортозит (пр. КН-14-7).** Восточная окраина п.г.т. Городище, правый берег р. Ольшанка. Географические координаты места отбора пробы: 49°16'52" СШ и 31°27'11,3" ВД.

Габбро-норито-анортозит темно-серый, практически черный. Текстура массивная. Структура неоднородная: панидиоморфнозернистая, кумулятивная, субофитовая. Минеральный состав, об. %: плагиоклаз — 60—85 и фемические минералы — 10—35; второстепенные — КППШ — 1—3 и кварц — 1—3; рудные минералы — ильменит — 1, сульфиды железа. Акцессорные минералы: апатит, циркон, бадделейт. Химический состав габброидов представлен в табл. 1.

Плагиоклаз, в основном андезин An<sub>(42–47)</sub>, реже лабрадор An<sub>(65)</sub>, образует крупные таблитчатые зерна с четкой системой двойников, иногда с пересекающимися двойниками. Содержит микроантипертиты в виде пятен удлиненной формы.

Темноцветные минералы представлены крупными (3—7 мм) ксеноморфными выделениями гиперстена, образующими между зернами плагиоклаза систему цепочек шириной 1—5 мм. Моноклинный пироксен образует кайму вокруг зерен гиперстена, а также мелкие плас-

Таблица 1. Химический состав габброидов Городищенского массива  
Table 1. Chemical composition of gabbroids of the Gorodische massif

Компонент	Габбро-норито-анортозит		Порфири-видный норит	Норито-троктолит
	КН-14-7	КН-14-9		
Номер пробы	КН-14-7	КН-14-9	КН-14-11	КН-14-13
SiO <sub>2</sub>	52,20	51,63	55,26	45,94
TiO <sub>2</sub>	1,61	2,13	2,47	3,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,67	19,66	14,24	13,67
FeO	9,48	7,29	11,71	18,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,19	0,17	0,54	0,50
MgO	5,54	2,38	2,28	2,95
MnO	0,16	0,04	0,17	0,27
CaO	7,78	8,84	5,98	6,85
Na <sub>2</sub> O	2,72	3,60	2,72	2,89
K <sub>2</sub> O	0,80	1,86	2,20	1,62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,41	0,53	1,40
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,47	0,19	0,23	0,19
П. п. п.	1,64	1,30	1,20	1,21
SO <sub>3</sub> общ.	0,03	0,04	0,04	0,09
Сумма	99,51	99,54	99,57	99,66

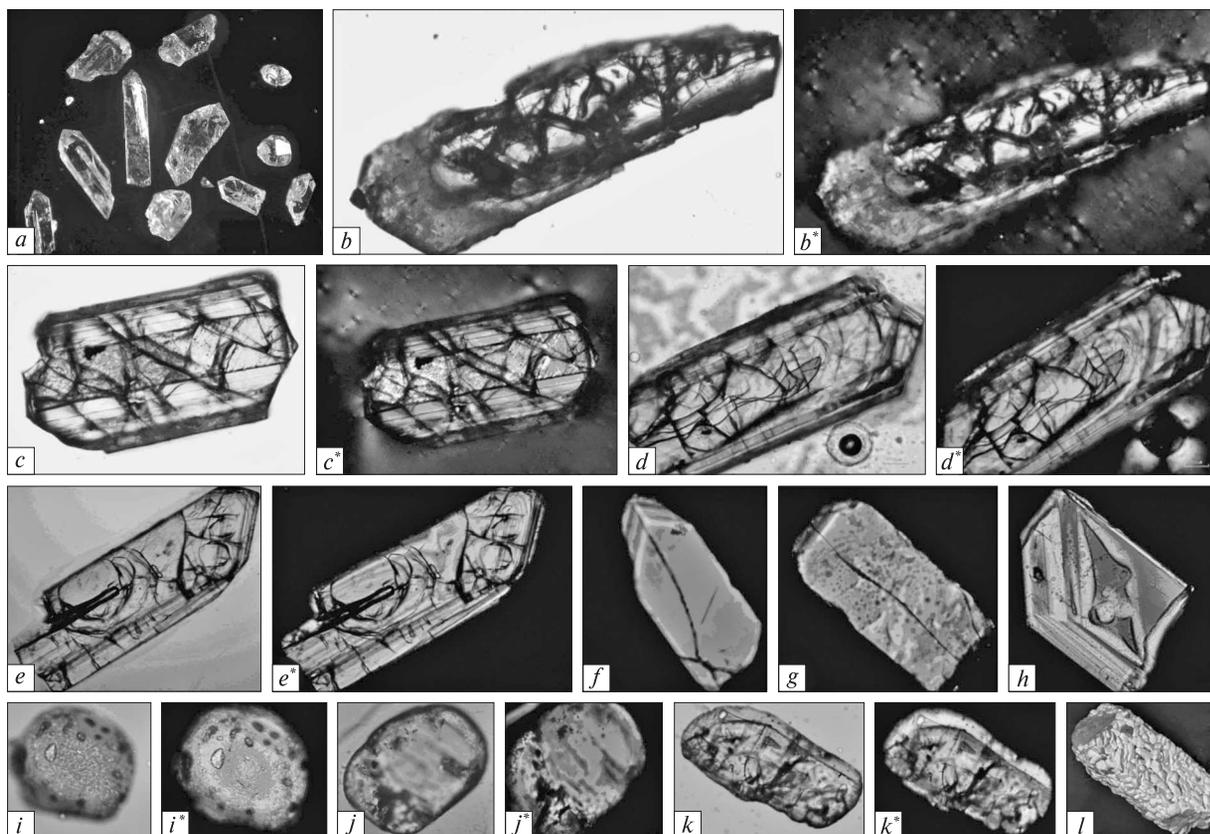


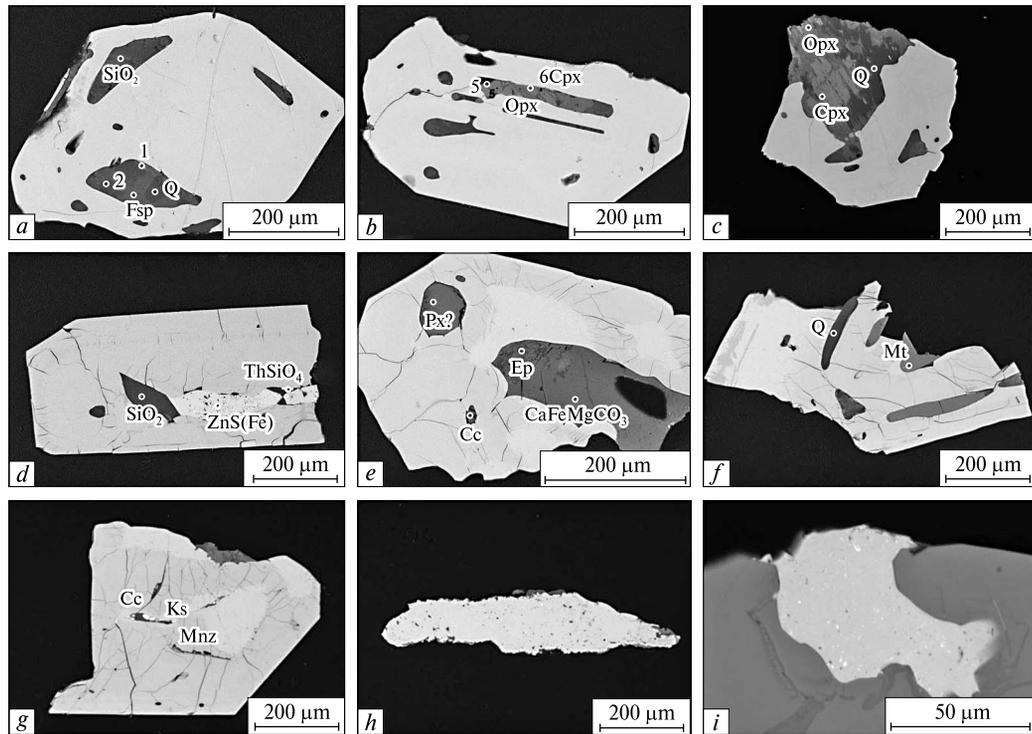
Рис. 1. Микрофотографии кристаллов циркона из оливинового габбро-норито-анортозита, пр. КН-14-7: *a* — общий вид кристаллов под бинокулярным микроскопом (диаметр поля зрения ~5 мм), *b* — *k* — срезы кристаллов, поляризационный микроскоп МИН-8,  $\times 50$  (*b* — бесцветный с зеленоватым и бурым оттенком удлинненно-призматический кристалл с сильно трещиноватым ядром — при одном николе, *b\** — то же, николи скрещены, *c* — обломок бесцветного с буроватым оттенком прозрачного удлинненно-призматического кристалла со светло-розовым ядром, при одном николе, *c\** — то же, николи скрещены, *d* — бесцветный с бурым оттенком, удлинненно-призматический кристалл с бесцветным ядром, при одном николе, *d\** — то же, николи скрещены, *e* — обломок светло-розового прозрачного удлинненно-призматического кристалла с бесцветным ядром, при одном николе, *e\** — то же, николи скрещены, *f*, *g*, *h* — обломки бесцветных водяно-прозрачных кристаллов, николи скрещены, *i* — изометрический сиреневый прозрачный однородный кристалл с многочисленными включениями и ямчатой поверхностью, при одном николе, *i\** — то же, николи скрещены, *j* — изометрический мутно-белый кристалл с регенерационной оболочкой, при одном николе, *j\** — то же, николи скрещены, *k* — то же, призматический кристалл, при одном николе, *k\** — то же, николи скрещены), *l* — призматический кристалл с ячеистой поверхностью, растровый электронный микроскоп РЭМ-1061

Fig. 1. Microphotographs of zircon crystals from olivine gabbro-norite-anorthosite, sample KH-14-7: *a* — general view of crystals under binocular microscope, field of vision ~5 mm, *b* — *k* — crystal sections, polarizing microscope MIN-8,  $\times 50$  (*b* — colorless with green and brown shade of long prismatic crystal with strongly fractured nucleus — 1 nicol, *b\** — the same, crossed nicols, *c* — colorless with brown shade fragment crystal with light-pink nucleus — 1 nicol, *c\** — the same, crossed nicols, *d* — colorless with brown shade of long prismatic crystal with colorless nucleus — 1 nicol, *d\** — the same, crossed nicols, *e* — fragment of light-pink long prismatic crystal with colorless nucleus — 1 nicol, *e\** — the same, crossed nicols, *f*, *g*, *h* — colorless transparent fragments of crystals, crossed nicols, *i* — lilac isometric transparent homogeneous crystal with numerous inclusions and pitted surface — 1 nicol, *i\** — the same, crossed nicols, *j* — isometric muddy-white crystal with regeneration covering — 1 nicol, *j\** — the same, crossed nicols, *k* — the same, prismatic crystal — 1 nicol, *k\** — the same, crossed nicols), *l* — prismatic crystal with cellular surface, REM-1061

тинчатые выделения внутри его зерен. Зерна пижонита (до 1,5 мм) с очень тонкими структурами распада установлены в плагиоклазе. Единичные зерна оливина (чаще продукты его замещения) зафиксированы в виде реликтов

внутри гиперстена. Биотит наблюдается в виде единичных чешуек, образующих вrostки в краевой части зерен темноцветных минералов.

Кварц формирует ксеноморфные выделения в межзерновом пространстве.



**Рис. 2.** Микрофотографии срезов кристаллов циркона из оливинового габбро-норито-анортозита, пр. КН-14-7, растровый электронный микроскоп РЭМ-106И, режим отраженных электронов (BSE): *a* — светло-розовый изометрический кристалл с включениями Q и Fsp; *b, c* — розовые кристаллы циркона с включениями пироксенов; *d* — бесцветный с буровато-зеленоватым оттенком удлиненно-призматический циркон с включениями Q, ZnS(Fe) и ThSiO<sub>2</sub>; *e* — коричнево-розовый призматический трещиноватый кристалл с включениями карбонатов; *f* — обломок коричнево-розового кристалла с включениями Q и минералов Fe; *g* — обломок бесцветного трещиноватого кристалла с включениями кальцита и минералами РЗЭ; *h* — непрозрачный желто-коричневый кристалл с сотовой структурой и мелкими включениями минералов РЗЭ; *i* — включение ThSiO<sub>2</sub> с многочисленными выделениями Pb в обломке бесцветного циркона. Символы минералов: Cc — кальцит, Cpx — клинопироксен, Ep — эпидот, Fsp — полевой шпат, Ks — ксенотим, Mnz — монацит, Mt — магнетит, OpX — ортопироксен, Q — кварц, Px — пироксен

**Fig. 2.** Microphotographs of sections of zircon crystals from olivine gabbro-norite-anorthosite, sample KH-14-7, raster electron microscope REM-106I, back-scattered electron (BSE): *a* — light-pink isometric crystal with inclusions Q and Fsp; *b, c* — pink crystal with inclusions OPx and CPx; *d* — colorless with brown-green shade of long prismatic zircon crystal with inclusions Q; ZnS(Fe) and ThSiO<sub>2</sub>; *e* — brown-pink prismatic fractured crystal with inclusions carbonates minerals; *f* — fragment of brown-pink crystal with inclusions Q and minerals of iron group; *g* — fragment of colorless fractured crystal with inclusions of calcite and minerals of REE; *h* — opaque yellow-brown crystal with cellular structure and small inclusions of REE minerals; *i* — inclusion ThSiO<sub>2</sub> with numerous excretions of Pb in the fragment of colorless zircon. Symbols of minerals: Cc — calcite, Cpx — clinopyroxene, Ep — epidote, Fsp — feldspar, Ks — ksenotime, Mnz — monazite, Mt — magnetite, OpX — orthopyroxene, Q — quartz, Px — pyroxene

Ильменит (0,1–0,3 мм) представлен зернами удлиненной формы, реже выделениями неправильной формы. Чаще всего наблюдается в виде вростков в краевой части зерен гиперстена. Здесь же находятся апатит, сульфиды железа и меди.

Циркон представлен разнообразными по окраске и облику кристаллами (рис. 1, *a*). По окраске различаются бесцветные зерна, бесцветные с зеленоватым оттенком, светло-розовые, сиренево- и коричнево-розовые, мутно-белые с зеленоватым или буроватым оттенком.

Кристаллы прозрачные и полупрозрачные, блеск их сильный стеклянный, стеклянный или матовый.

По облику преобладают призматические и удлиненно-призматические зерна. В меньшей мере распространены игольчатые и короткопризматические кристаллы. Тип огранки цирконовый, в единичных кристаллах гиацинтовый. В небольшом количестве (менее 5 %) присутствуют кристаллы изометрической формы (округленные или совершенно округлые). Они бесцветные, бледно-розовые, мутно-белые, тем-

но-сиреневые, редко темно-коричневые. Блеск изометрических кристаллов матовый, поверхность ямчатая. Среди них наблюдаются как однородные зерна, так и с регенерационными оболочками (рис. 1, *i, j, k*). В виде единичных зерен присутствуют призматические непрозрачные кристаллы с желто-коричневой окраской и мелкоячеистой поверхностью (рис. 1, *l*). В срезах для таких кристаллов характерна сотовая структура и многочисленные включения, обогащенные свинцом, торием и РЗЭ (рис. 2, *g—i*).

Все кристаллы циркона габбро-норито-анортозита в разной степени трещиноваты. Кристаллы с большим количеством трещин имеют блоковое строение.

Большинство кристаллов циркона независимо от их окраски и облика содержат включения. Количество включений, их состав и форма варьируют в широких пределах. На микрофотографиях срезов зерен (рис. 2) видны мономинеральные и полифазные включения породообразующих минералов габбро-норито-анортозита, а также срастания зерен циркона с пироксенами, что свидетельствует о магматической кристаллизации циркона. Кроме породообразующих минералов циркон содержит включения: 1) карбонатов (?) кальция, магния и железа; 2) оксидов железа, сульфидов цинка и железа; 3) торита, ксенотима (?) и монацита (крайне редкий минерал пород габбро-анор-

тозит-рапакивигранитного комплекса). Некоторые из включений, в частности карбонаты и минералы РЗЭ, могут быть эпигенетическими продуктами перекристаллизации циркона, на что указывает структура кристаллов циркона, содержащих эти включения (рис. 2, *g—i*).

Для исследования внутреннего строения циркона срезы кристаллов изучены с помощью поляризационного микроскопа (рис. 1, *b—k*). Внутренние неоднородности, зафиксированные под биноклем, четко выделяются как в проходящем свете, так и при скрещенных николях. Среди них можно отметить особенно часто встречающиеся включения, а также ядра реликтового циркона, разбитые системой диагональных трещин, обломки зерен, округленные зерна с ямчатой поверхностью и мелкими включениями округлой формы, присутствующие в пробе в виде самостоятельной разновидности (рис. 1, *i, i\**).

Для геохронологического датирования отобраны разные по окраске зерна с однородным внутренним строением. Для светло-розового, розового и бесцветного с зеленоватым оттенком циркона получены дискордантные (дискордантность от 4,0 до 8,5 %) возрастные значения (табл. 2), в то же время достаточно близкие по изотопному отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (1773,8—1774,6 млн лет). Для бесцветных с сиренево-розовым оттенком и розово-коричневых кристаллов циркона также получены

Таблица 2. Содержание U, Pb и изотопный состав Pb в цирконах и бадделеите оливинового габбро-норито-анортозита, Городищенский массив, восточная окраина п. г. т. Городище, пр. КН-14-7  
Table 2. The content of U, Pb and Pb isotope composition in zircons from gabbro-norite-anorthosite, Gorodische massif, the east part of the Gorodische vil., sample КН-14-7

Фракция минерала	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	110,2	39,42	4000	8,9485	3,8718	0,30238	4,5221	1703	1735	1773,8
2	154,5	53,03	4710	8,9896	3,9131	0,29083	4,3493	1646	1703	1773,8
3	658,8	215,7	9115	9,1000	4,6294	0,28632	4,2837	1623	1690	1774,6
4	417,4	147,3	3860	9,0342	3,7549	0,29632	4,3830	1673	1709	1753,7
5	320,5	115,4	5460	9,1349	3,4666	0,29827	4,4040	1683	1713	1750,4
6	306,0	102,4	1610	8,6483	4,1480	0,28357	4,1953	1609	1673	1754,1
7	191,0	73,47	606,6	7,7024	11,028	0,35722	5,2969	1969	1868	1758,2

Примечание. Фракция минерала: 1—6 — цирконы (1 — светло-розовые, 2 — розовые, 3 — бесцветные с зеленоватым оттенком, 4, 6 — розовые и коричнево-розовые кристаллы, 5 — бесцветные с сиренево-розовым оттенком); 7 — бадделеит. Поправка на обычный Pb введена по Стейси и Крамерсу [12] на возраст 1770 млн лет (для точек 1—3) и на возраст 1750 млн лет (для точек 4—7).

Note. Mineral fraction: 1—6 — zircons (1 — light-pink, 2 — pink, 3 — colorless with green shade, 4, 6 — pink and brown-pink crystals, 5 — colorless with lilac-pink tint); 7 — baddeleyite. Correction for the common lead introduced on Stacey and Kramers [12] for the age of 1770 Ma (for points 1—3) and on the age 1750 Ma (for points 4—7).

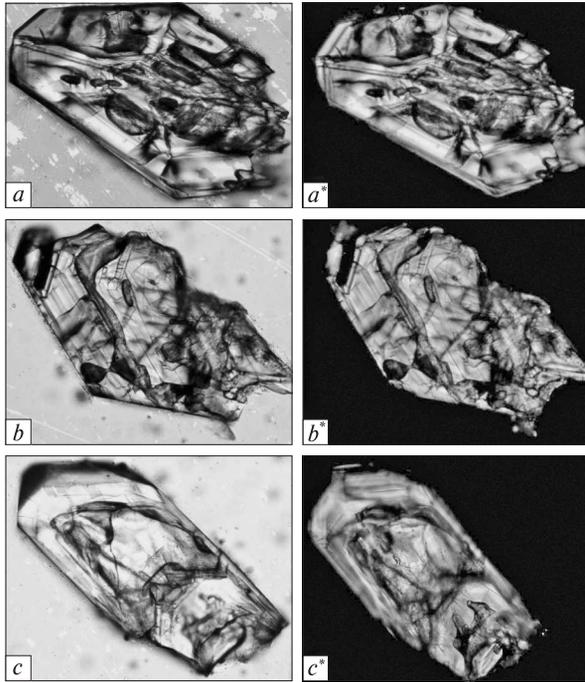


Рис. 3. Микрофотографии полированных срезов кристаллов циркона из габбро-норито-анортозита, пр. КН-14-9, поляризационный микроскоп,  $\times 50$ : *a* — розовый кристалл с многочисленными включениями, при одном николе; *b* — бесцветный кристалл циркона со сложным строением, при одном николе, *c* — бесцветный кристалл циркона со сложным строением, при одном николе; *a\**, *b\**, *c\** — то же, николи скрещены

Fig. 3. Microphotographs of polished crystal sections of zircon from gabbro-norite-anorthosite, sample КН-14-9, polarizing microscope,  $\times 50$ : *a* — pink zircon crystal with many inclusions — 1 nicol, *b* — colorless zircon crystal with heterogeneous composition — 1 nicol, *c* — colorless zircon crystal with heterogeneous composition — 1 nicol, *a\**, *b\**, *c\** — the same, crossed nicols

дискордантные (от 4,6 до 8,3 %) значения возраста, однако по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  они заметно моложе (1750,4—1754,1 млн лет), но достаточно близки между собой и в пределах ошибки совпадают с ранее полученными значениями возраста для алланита гранитов рапакиви [7].

*Бадделеит* представлен мелкими уплощенными полупрозрачными кристаллами темно-коричневого цвета. Возрастные значения, полученные для бадделеита, имеют обратную дискордантность (1969—1758,2, дискордантность — 12,0 %). Возраст бадделеита по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  равен 1758,2 млн лет (табл. 2). Он занимает промежуточное значение между возрастными значениями светло-розового, розового и коричневатого-розового кристаллов циркона.

**Оливиновый габбро-норито-анортозит (пр. КН-14-9).** Правый берег р. Олышанка, с. Хлыстуновка. Географические координаты:  $49^{\circ}12'49,1''\text{СШ}$  и  $31^{\circ}26'25,5''\text{ВД}$ .

Порода темно-серая, грубозернистая. Текстура массивная. Структура неоднородная с неравномерным распределением лейко- (8—10 % темноцветных минералов) и меланократовых (23—27 %) участков. Минеральный состав меланократовых участков, об. %: плагиоклаз — 60—65, ортопироксен — 12—15, клинопироксен — 3—5, оливин — 2—5, биотит — 2, КПШ — до 5, кварц — 1—2. Рудные минералы: ильменит — до 5 и сульфиды железа. Акцессорные минералы: циркон, апатит.

Плагиоклаз  $\text{An}_{(43-53)}$  образует широкотаблитчатые зерна с четкой системой двойников. Края некоторых зерен раскислены до  $\text{An}_{(39)}$ . Темноцветные минералы образуют сростки размером 1—5 мм или прерывистые цепочки между зернами плагиоклаза. Они преимущественно представлены крупными удлиненными зернами гиперстена, которые достаточно часто включают зерна оливина ( $\text{Fa}_{71-75}$ ) и прорастают клинопироксеном. Пижонит образует зерна удлиненной формы. Крупные зерна ильменита удлиненной (3—7 мм) или неправильной формы образуют вроски по краям зерен гиперстена. Исследование шлифов с помощью расторового электронного микроскопа РЭМ-106И показало присутствие в ильмените очень мелких зерен циркона. КПШ заполняет межзерновое пространство, образуя ксеноморфные выделения на лейкократовых участках породы и вокруг темноцветных минералов. В КПШ наблюдаются единичные чешуйки биотита, ильменит и мелкие выделения кварца.

*Циркон* представлен бесцветными, бледно-, желтовато- и темно-розовыми, а также серовато-бурыми прозрачными и полупрозрачными кристаллами. Блеск стеклянный. Облик призматический и удлиненно-призматический. Тип цирконовый. Отметим, что в этой пробе отсутствуют кристаллы циркона изометрической формы.

Кристаллы в основном имеют однородное внутреннее строение, характеризуются высокими цветами интерференции. Характерная особенность циркона этого оливинового габбро-норито-анортозита — присутствие многочисленных включений (рис. 3, *a*, *a\**, *b*, *b\**), представленных преимущественно порообразующими минералами (кварц, КПШ, пла-

гиоклаз, апатит (РЭМ-106И)). Вокруг некоторых включений зерна окрашены в бурые и оранжевые тона. Многие кристаллы в разной степени трещиноваты, часть из них имеют сложное внутреннее строение (рис. 3, с, с\*).

Для геохронологического датирования использованы нетрещиноватые зерна желтовато-розового прозрачного циркона призматического облика с однородным внутренним строением. Возраст циркона по верхнему пересечению конкордии дискордией составляет  $1738,8 \pm 3,6$  млн лет (рис. 4; табл. 3), средневзвешенное значение возраста по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  равно  $1739,4 \pm 3,4$  млн лет.

**Порфириновый норит (пр. КН-14-11).** Правый берег р. Ольшанка, с. Хлыстуновка. Географическое положение места отбора пробы:  $49^{\circ}12'49,2''$  СШ и  $31^{\circ}27'34,1''$  ВД.

Норит темный, зеленовато-серый. Текстура массивная. Структура порфириновая, основной массы — офитовая. Порфириновые вкрапления распределены неравномерно, от 20—30 % до единичных выделений. Средний минеральный состав, об. %: темноцветные минералы — 50, плагиоклаз — 30, рудные минералы — 11, КПШ — >5, кварц — 2, апатит — 2. Акцессорные минералы: апатит, циркон, бадделейт. Вторичные: серицит.

Порфириновые выделения (0,5—1,4 см) представлены плагиоклазом с четкой системой двойников. Кристаллы слегка деформированы. Единичные трещинки заполнены серицитом. Основная масса породы сложена удлиненными лейстами плагиоклаза. Из шести микрозондовых анализов (РЭМ-106И) состава плагиоклаза пять показали состав андезина

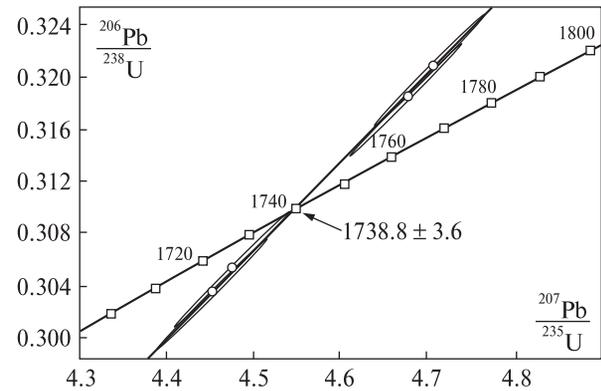


Рис. 4. Уран-свинцовая диаграмма с конкордией для фракций циркона габбро-норито-анортозита (пр. КН-14-9). Городищенский массив, с. Хлыстуновка

Fig. 4. U-Pb diagram with concordia for gabbro-norite-anorthosite zircon fractions (sample КН-14-9), Gorodische massif, Khlystunivka vil.

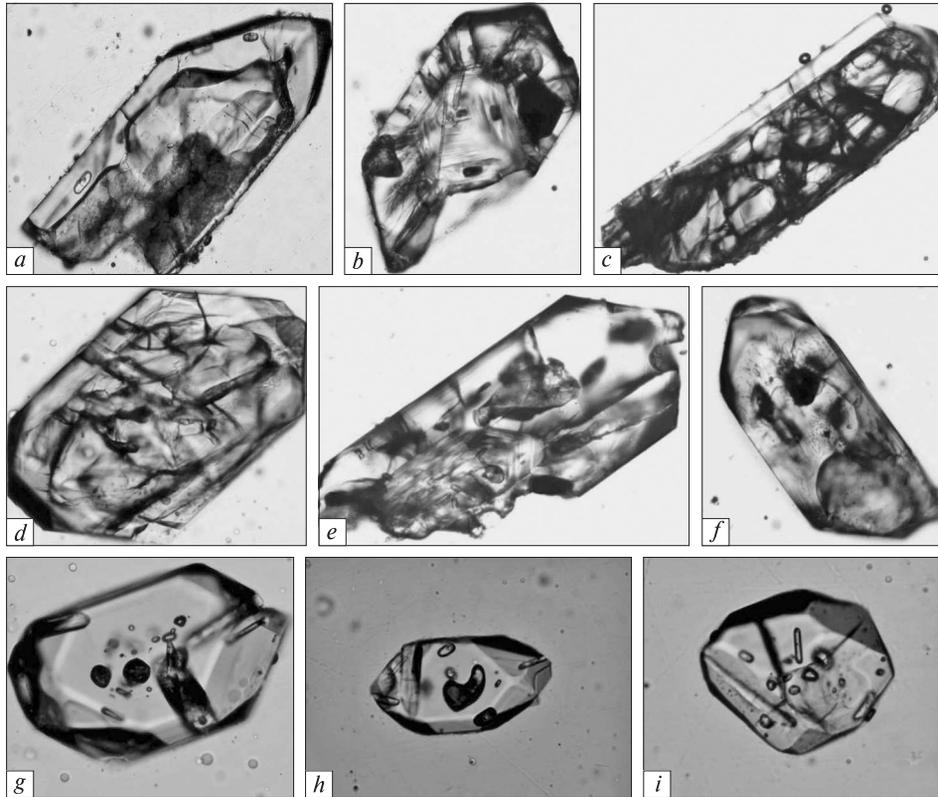
$\text{An}_{(38-41)}$  и один лабрадора  $\text{An}_{(57)}$ , что объясняет высокое содержание в породе  $\text{SiO}_2$  (55,26 %, табл. 1). Среди темноцветных минералов преобладает ромбический пироксен. Оливин представлен единичными практически неизменными зернами. Биотит образует небольшие чешуйки неправильной формы, иногда — крупные скелетные зерна. Ильменит наблюдается в виде тонких иголок, равномерно распределенных в основной массе породы, иногда образует сростания с сульфидами железа и бадделейтом. По краям некоторых зерен ильменита с помощью электронного микроскопа (РЭМ-106И) выявлены очень мелкие (субмикронные) выделения циркона. Пироксены, биотит и, в наибольшей мере, ильменит и апатит образуют структуры течения.

Таблица 3. Содержание урана, свинца и изотопный состав свинца в цирконах габбро-норито-анортозита, Городищенский массив, с. Хлыстуновка, пр. КН-14-9

Table 3. The content of U, Pb and Pb isotope composition in zircons from gabbro-norite-anorthosite, Gorodische massif, Khlystunivka vil., sample КН-14-9

Фракция минерала	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	355,9	130,2	12950	9,3041	4,4033	0,31813	4,6730	1781	1762	1741,0
2	399,2	149,1	18020	9,3397	4,0868	0,32056	4,7036	1792	1768	1739,0
3	382,8	137,5	3450	9,0695	3,8447	0,30308	4,4473	1707	1721	1739,0
4	384,1	136,7	20830	9,3528	4,1132	0,30593	4,4869	1721	1729	1738,2

Примечание. 1—4 — желтовато-розовый циркон, разделенный на фракции по размеру способом скатывания по наклонной поверхности. Поправка на обычный свинец введена по Стейси и Крамерсу [12] на возраст 1740 млн лет. Note. 1—4 — yellow-pink zircon. Fractions are obtained by rolling crystals on a ramp. Correction for the common lead introduced on Stacey and Kramers [12] for the age of 1740 Ma.



*Рис. 5.* Микрофотографии полированных срезов кристаллов циркона порфириформного норита, пр. КН-14-11, поляризационный микроскоп,  $\times 50$ , при одном никеле: *a* — бесцветный кристалл, ядро бесцветное, округленной формы, частично растворено; *b* — коричнево-розовый кристалл с бесцветным тонкозональным субидiomорфным ядром; *c* — бесцветный с бурым оттенком удлиненно-призматический кристалл с сильно трещиноватым ядром удлиненной формы; *d* — трещиноватый призматический кристалл с округленным трещиноватым ядром, оболочка прозрачная бесцветная; *e* — светло-розовый кристалл с бесцветным тонкозональным субидiomорфным ядром; *f* — коричнево-розовый кристалл с ядром яйцевидной формы; *g, h, i* — бледно-розовые однородные кристаллы, использованные нами для датирования

*Fig. 5.* Microphotographs polished crystal sections of zircon from porphyritic norite, sample KN-14-11, polarizing microscope,  $\times 50$ , one nicol: *a* — colorless zircon crystal, colorless nucleus, rounded shape, some of its part was dissolved; *b* — brown-pink crystal with colorless fine-zoning subidiomorphic nucleus; *c* — elongated-prismatic colorless with brown shade crystal has strongly fractured nucleus of elongated form; *d* — fractured prismatic crystal with rounded fractured nucleus, colorless and transparent cover; *e* — light-pink crystal with colorless fine-zoning subidiomorphic nucleus; *f* — brown-pink crystal with egg-shaped nucleus; *g, h, i* — pale-pink homogeneous crystals, we used for dating

Рассматриваемая порода кроме существенно андезитового состава плагиоклаза (в англоязычной литературе такие породы называют андезитовыми анортозитами) имеет и повышенное содержание калия (2,20 %, табл. 1), который входит преимущественно в калиевый полевой шпат и частично в биотит. По химическому и минеральному составу порфириформный норит занимает промежуточное положение между монцитом и йотунитом (калишпатизированный норит), располагаясь ближе к последнему.

Циркон образует розовые, бледно-, желтовато-розовые, бесцветные с бурым оттенком, прозрачные и полупрозрачные кристаллы цирконового типа. Блеск стеклянный. Коэффици-

циент удлинения кристаллов — 1,5—8. В небольшом количестве присутствуют зерна округлой формы, иногда со следами огранки и мелкими включениями. Прозрачный циркон светло-розовый, реже бесцветный "чистой воды". Включений практически не содержит. Кристаллы игольчатые, призматические, уплощенные, реже короткопризматические, имеют сложную огранку, образованную гранями призм и нескольких дипирамид, в том числе острых. Розовый и желтовато-розовый циркон чаще всего имеет удлиненно-призматический облик и сложно построенные торпедовидные вершинки. Коэффициент удлинения таких кристаллов в среднем 3—4. Кристаллы про-

зрачные и полупрозрачные, иногда содержат прозрачные включения округлой и удлинённой формы либо включения черного, бурого или зеленоватого цвета. Зерна в разной степени разбиты трещинками.

В полированных срезах кристаллы в подавляющем большинстве однородные с высокими цветами интерференции и лишь в некоторых трещиноватых зернах выявлены реликтовые ядра различной формы и анатомии (рис. 5, *a—d*).

Для геохронологического датирования отобраны зерна прозрачного светло-розового циркона "чистой воды" (рис. 5, *g—i*). Возраст циркона, определенный по верхнему пересечению конкордии дискордией, рассчитанной по аналитическим данным (табл. 4), составляет  $1749 \pm 0,5$  млн лет (рис. 6).

**Оливиновый норито-троктолит (пр. КН-14-13).** Южная часть Городищенского массива, с. Вороновка. Географические координаты:  $49^{\circ}10'31,2''$  СШ и  $31^{\circ}19'25,2''$  ВД.

Порода темная, зеленовато-серая, порфировидная. Вкрапленники плагиоклаза редкие, размер их 2—3 см. Основная масса породы мезократовая, среднезернистая. Текстура массивная. Структура гипидиоморфнозернистая, офитовая, с элементами пойкилоофитовой. Минеральный состав изменчивый: на одних участках больше оливина (до 50 %), на других — ортопироксена. Средний минеральный состав, об. %: плагиоклаз — 35, оливин — 25, ромбический пироксен — 20, моноклинный пироксен — 5, КПШ — 10—15, рудные минералы — 7—10, биотит — 1, апатит — 1, кварц — плечные выделения. Акцессорные минералы: апатит, циркон.

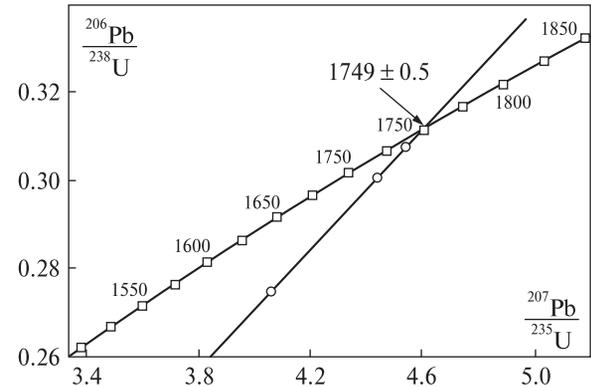


Рис. 6. Уран-свинцовая диаграмма с конкордией для порфировидного норита, с. Хлыстуновка, пр. КН-14-11  
Fig. 6. U-Pb diagram with concordia for porphyritic norite, Khlystunivka vil., sample KH-14-11

Плагиоклаз  $An_{(40-46)}$  образует два типа кристаллов. Первый тип представлен единичными таблитчатыми свежими, чистыми, однородными выделениями размером до 5 мм. Они имеют четкую тонкую систему двойников, изредка с пересекающимися двойниками. Второй тип — удлиненные, реже таблитчатые неоднородные зерна с пятнистым погасанием меньшего (до 1 мм) размера.

Гиперстен образует ксеноморфные кристаллы размером 1—2 мм. Включает субидиоморфные зерна оливина ( $Fa_{83-85}$ ) размером 0,8—1,5 мм, реже — зерна моноклинного пироксена и плагиоклаза, а также многочисленные включения рудных минералов, апатита и циркона. В виде небольших чешуек и их скопления присутствует биотит.

КПШ образует ксеноморфные выделения в межзерновом пространстве. Кварц представ-

Таблица 4. Изотопный состав урана, свинца и изотопные отношения свинца в цирконах порфировидного норита, Городищенский массив, с. Хлыстуновка, пр. КН-14-11

Table 4. The content of U, Pb and Pb isotope composition in zircons from porphyritic norite, Gorodische massif, Khlystunivka vil., sample KH-14-11

Фракция минерала	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	$\frac{206Pb}{204Pb}$	$\frac{206Pb}{207Pb}$	$\frac{206Pb}{208Pb}$	$\frac{206Pb}{238U}$	$\frac{207Pb}{235U}$	$\frac{206Pb}{238U}$	$\frac{207Pb}{235U}$	$\frac{207Pb}{206Pb}$
1	177,9	53,40	5525	9,1416	6,4177	0,27503	4,0588	1566	1646	1749,5
2	199,1	67,04	6360	9,1709	6,3383	0,30832	4,5491	1732	1740	1749,1
3	201,3	65,99	6250	9,1676	6,4944	0,30101	4,4412	1696	1720	1749,1

Примечание. 1—3 — светло-розовый прозрачный циркон, разделенный на фракции по размеру зерен. Поправка на обычный свинец введена по Стейси и Крамерсу [12] на возраст 1750 млн лет.

Note. 1—3 — light-pink transparent zircon. Fractions are obtained by rolling crystals on a ramp. Correction for the common lead introduced on Stacey and Kramers [12] for the age of 1750 Ma.

лен редкими пленочными выделениями вокруг темноцветных минералов.

**Циркон.** Кристаллы циркона не отличаются столь большим разнообразием, как в предыдущих пробах. В основном зерна бесцветные и бледно-розовые, реже мутно-белые, неравномерно окрашенные в бурые и оранжевые тона (за счет включений). Бледно-розовые прозрачные кристаллы "чистой воды", с сильным стекляннным блеском. Грани гладкие и блестящие. Включений практически не содержат. Бесцветный и мутно-белый циркон прозрачный и полупрозрачный. Грани с выколами и наростами. Содержит включения черного цвета. Тип цирконовый. Коэффициент удлинения 1,5–8. Много уплощенных кристаллов. Часть кристаллов, как и в предыдущих пробах (рис. 1, 3, 5), имеют сложное строение: содержат реликтовые ядра яйцевидной формы с ямчатой поверхностью, реже наблюдаются ядра округлой или удлиненной формы.

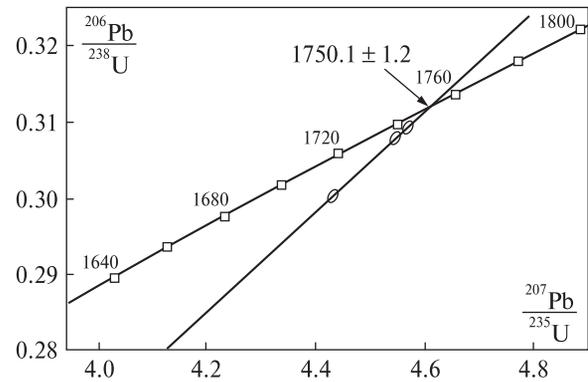


Рис. 7. Уран-свинцовая диаграмма с конкордией для оливинового норито-троктолита, Городищенский массив, с. Вороновка, пр. КН-14-13

Fig. 7. U-Pb diagram with concordia for olivine norite-troctolite zircon, Gorodische massif, Voronivka vil., sample KH-14-13

Для геохронологического датирования использованы бледно-розовые зерна "чистой воды". Возраст циркона, определенный по

Таблица 5. Содержание урана, свинца и изотопные отношения свинца в цирконе оливинового норито-троктолита, Городищенский массив, с. Вороновка, пр. КН-14-13

Table 5. The content of U, Pb and Pb isotope composition in zircons from norite-troctolite, Gorodische massif, Voronivka vil., sample KH-14-13

Фракция минерала	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	$\frac{206\text{Pb}}{204\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{207\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{208\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$
1	303,8	104,6	6485	9,1794	4,5714	0,30051	4,4313	1694	1718	1748,1
2	262,1	93,09	6270	9,1642	4,5249	0,30941	4,5673	1738	1743	1749,9
3	458,7	202,8	1200	8,4595	1,9112	0,30819	4,5464	1732	1740	1748,8

Примечание. 1–3 — бледно-розовый прозрачный циркон, разделенный на фракции по размеру зерен. Поправка на обычный Pb введена по Стейси и Крамерсу [12] на возраст 1750 млн лет.

Note. 1–3 — light-pink transparent zircon. Fractions are obtained by rolling crystals on a ramp. Correction for the common lead introduced on Stacey and Kramers [12] for the age of 1750 Ma.

Таблица 6. Содержание рубидия, стронция и отношение стронция в габброидах Городищенского массива Корсунь-Новомиргородского плутона

Table 6. The content of Rb, Sr and strontium ratio in the gabbroids of the Gorodische massif of the Korsun-Novomyrgorod pluton

Номер пробы	Минерал	Содержания, ppm				$\frac{87\text{Rb}}{86\text{Sr}}$	$87\text{Sr}/86\text{Sr}$		$\epsilon_{\text{Sr}}$
		Rb	Sr	$87\text{Rb}$	$86\text{Sr}$		Измеренные	Исправленные	
КН-14-7	Апатит	—	—	—	—	—	0,70694	0,70694	62
КН-14-10	Плагиоклаз	25,5	893	7,23	86,4	0,0827	0,70745	0,70537	39
КН-14-9	"	23,6	527	6,69	51,0	0,1297	0,70921	0,70595	48
КН-14-13	"	38,4	983	10,9	95,1	0,1129	0,70891	0,70607	49

Примечание. Пр. КН-14-10 — кварцевый габбро-норит, с. Хлыстуновка; первичное отношение стронция  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  и  $\epsilon_{\text{Sr}}$  рассчитаны на возраст 1750 млн лет.

Note. Sample KH-14-10 — quartz gabbro-norite, Khlystunivka vil.; age used for calculation  $\epsilon_{\text{Sr}}$  and initial  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  calculated for the age of 1750 Ma.

верхнему пересечению конкордии дискордией, рассчитанной по аналитическим данным (табл. 5), составляет  $1750,1 \pm 1,2$  млн лет (рис. 7).

**Обсуждение результатов.** В отличие от цирконов габброидов Коростенского плутона, кристаллы цирконов основных пород Городищенского массива Корсунь-Новомиргородского плутона весьма разнообразны и часто имеют сложное внутреннее строение, вероятно, вследствие более сложной истории их формирования. Отметим, что анортозитовым разностям габброидов массива в большей мере характерны сложные кристаллы циркона и большее разнообразие их типов. Мы полагаем, что это обусловлено более продолжительным существованием анортозитовых расплавов, что, в какой-то мере, подтверждается результатами датирования цирконов. Если наше предположение верно, то продолжительность формирования габбро-норито-анортозита (пр. КН-14-7) превышает 20 млн лет. Значения возраста 1774 млн лет могут отвечать ранним цирконам\*, образованным на начальных стадиях формирования породы. Поздние цирконы с возрастными значениями 1750 млн лет, вероятно, связаны с кристаллизацией остаточных расплавов и соответствуют времени становления основных разновидностей пород, слагающих Городищенский массив. Это предположение не противоречит нынешним представлениям [3, 7] о возможном присутствии на разной глубине промежуточных магматических камер. Но-

\* Авторы не исключают возможности попадания в проанализированные навески некоторого количества кристаллов с реликтовыми ядрами бесцветного циркона, не видимых под биноклем, однако такая причина высокого значения возраста этих цирконов, на наш взгляд, менее вероятна.

риты массива, вероятно, имеют менее продолжительный период формирования. Для бледно-розовых кристаллов цирконов обеих проб этих габброидов получены одинаковые значения возраста —  $1749 \pm 0,5$  и  $1750,1 \pm 1,2$  млн лет.

В формировании пород Корсунь-Новомиргородского плутона важную роль играет верхнекорое вещество, о чем свидетельствуют реликтовые ядра в цирконах гранитоидов [6] и габброидов (см. рис. 1, 3, 5), а также результаты изучения рубидий-стронциевых изотопных систем плагиоклазов и апатитов габброидов Городищенского массива (табл. 6).

**Выводы.** 1. Габброиды, образующие выходы на поверхность в центральной (с. Хлыстуновка) и южной (с. Вороновка) частях Городищенского массива, были сформированы во временном интервале 1740—1750 млн лет.

2. Оливиновый габбро-норито-анортозит северной части массива содержит разновозрастные цирконы. Ранние цирконы возрастом 1774 млн лет, вероятно, кристаллизовались на начальных стадиях формирования породы в промежуточных камерах. Поздние, 1750 млн лет, по-видимому, связаны с кристаллизацией остаточных расплавов и соответствуют времени становления основных разновидностей пород.

3. В формировании магматитов Корсунь-Новомиргородского плутона, в том числе и габброидов Городищенского массива, принимало участие верхнекорое вещество. В составе гранитных расплавов верхнекорое вещество, несомненно, играло ведущую роль и, вероятно, служило субстратом, из которого выплавились исходные гранитоидные расплавы. Исходные основные расплавы, вероятнее всего, имеют верхнемантийный — нижнекорый источник, а верхнекорое вещество они, по-видимому, были контаминированы при подъеме на верхние уровни земной коры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бартницкий Е.Н., Бибилова Е.В., Верхогляд В.М., Легкова 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. Довбуш Т.І., Степанюк Л.М., Шестопалова Е.Е. Кристаллогенезис и возраст циркона из габброидов Корсунь-Новомиргородского плутона (Украинский щит) // Геохимия и рудообразование. — 2009. — Вып. 27. — С. 20—24.
4. Кононов Ю.В. Габрові масиви Українського щита. — К.: Наук. думка, 1966. — 99 с.
5. Митрохин О.В. Анортозит-рапаківігранітна 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.

6. Свешников К.И. О возрастной последовательности пород Корсунь-Новомиргородского плутона // Геол. журн. — 1981. — 41, № 4. — С. 62—68.
7. Шестопалова О.Е., Степанюк Л.М., Довбуш Т.И. U-Pb (за ортитамі) вік гранітів рапаківі 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.
8. 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.
9. 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.
10. Ludwig K.R. Pb Dat for MS-DOS, version 1.06 // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. — 1989. — 542, No 88. — P. 40.
11. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0 // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. — 1990. — 557, No 88. — P. 38.
12. 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.

Поступила 19.01.2015

#### REFERENCES

1. Bartnitskiy, E.N., Bibikova, E.V., Verhogyad, 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-svintsevogo, rubidiy-strontsiyevogo ta samariy-neodimovogo izotopnogo datuvannya geologichnih ob'ektiv pri GRR, Metod. rekomendatsiyi*, UkrDGRI, Kyiv, 84 p.
3. Dovbush, T.I., Stepanyuk, L.M. and Shestopalova, O.E. (2009), *Geohimiya i rudoobrazovanie*, Vyp. 27, pp. 20-24.
4. Kononov, U.V. (1966), *Gabbrovi massivy Ukrayinskogo schita*, Nauk. dumka, Kyiv, 99 p.
5. Mitrokhin, O.V. (2011), *Anortozit-rapakivigranitna formatsiya Ukrayinskogo schita (geologiya, rechovinniy sklad ta umovi formuvannya)*, Avtoref. dys. d-ra heol. nauk, KNU im. T. Shevchenko, Kyiv, 36 p.
6. Svешnikov, K.I. (1981), *Geol. zhurn.*, Kyiv, Vol. 41 No 4, pp. 62-68.
7. Shestopalova, O.E., Stepanyuk, L.M. and Dovbush, T.I. (2010), *Tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Stratigrafiya, geohronologiya i korrelyatsiya nizhnedokembriyskih porodnykh kompleksov fundamenta Vostochno-Evropeyskoy platformy"*, Kyiv, pp. 245-248.
8. 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.
9. Krough, T.E. (1973), *Geochim. et cosmochim. acta*, Vol. 37 No 3, pp. 485-494.
10. Ludwig, K.R. (1989), *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, Vol. 542 No 88, p. 40.
11. Ludwig, K.R. (1990), *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, Vol. 557 No 88, p. 38.
12. Stacey, J.S. and Kramers, I.D. (1975), *Earth and Planet. Sci. Lett.*, Vol. 26, pp. 207-221.

Received 19.01.2015

О.Е. Шестопалова<sup>1</sup>, Л.М. Степанюк<sup>2</sup>,  
Т.И. Довбуш<sup>2</sup>, И.М. Котвицка<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> 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

#### ИЗОТОПНИЙ ВІК ЦИРКОНУ ГАБРОЇДІВ ГОРОДИЩЕНСЬКОГО МАСИВУ (КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСЬКИЙ ПЛУТОН, ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК УЩ)

Городищенський масив площею 200 км<sup>2</sup> знаходиться в західній частині Корсунь-Новомиргородського плутону і складається з анортозитів, норито-анортозитів (близько 80 % площі масиву), норитів та габро-норитів. Вік габроїдів визначено за допомогою уран-свинцевого ізотопного датування за цирконом. Зразки порід відібрано у природних та штучних відслоненнях поблизу с. м. т. Городище, сіл Хлестунівка та Воронівка. Методами оптичної та електронної мікроскопії досліджено складну внутрішню будову кристалів циркону та наявність у деяких із них реліктових ядер. Складні кристали циркону та різноманітність їх типів найбільш характерні для анортозитових різновидів габроїдів, що, вірогідно, пов'язано з тривалішою та складнішою історією формування анортозитової магми. Вік однорідних зерен циркону для норитових та анортозитових різновидів габроїдів визначено за допомогою уран-свинцевого ізотопного датування — 1740—1770 млн рр. Для цирконів з олівінового габро-нориту східної околиці с. м. т. Городище вік (за співвідношенням <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb) становить 1774,6—1750,4 млн рр. (дискор-

дантність від 4,0 до 8,5 %). Вік бадделейту (за ізотопним співвідношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ) складає 1758,2 млн рр. Вік цирконів з олівінового габро-норито-анортозиту с. Хлистунівка, розрахований за верхнім перетином конкордії з дискордією, складає  $1738,8 \pm 3,6$  млн рр. Середнє зважене значення віку за співвідношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  складає  $1739,4 \pm 3,4$  млн рр. Дещо більше значення віку ( $1749 \pm 0,5$  млн рр.) отримано для циркону з порфіроподібного нориту (с. Хлистунівка). Практично ті самі значення віку ( $1750,1 \pm 1,2$  млн рр.) встановлено й для прозорих світло-рожевих кристалів "чистої води" з олівінового норито-троктоліту с. Воронівка. Це вказує на можливу контамінацію вихідних розплавів вмісними породами або часткове плавлення порід корового субстрату, що підтверджується досить високим первинним ізотопним співвідношенням  $0,7053\text{—}0,7069$  стронцію, розрахованим для плагіоклазів та апатитів датованих порід габроїдів.

*Ключові слова:* габроїди, габро-норито-анортозити, циркон, реліктові ядра, геохронологічне датування, вік, Корсунь-Новомиргородський плутон.

*O.E. Shestopalova*<sup>1</sup>, *L.M. Stepanyuk*<sup>2</sup>,  
*T.I. Dovbush*<sup>2</sup>, *I.M. Kotvitskaya*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine  
32, Acad. Palladina Pr., Kyiv-142, Ukraine, 03680

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

ISOTOPIC AGE OF ZIRCON FROM GABBROIDS OF GORODISCHE MASSIF  
(KORSUN-NOVOMYRGOROD PLUTON, INGUL MEGABLOCK, UKRAINIAN SHIELD)

Korsun-Novomyrgorod pluton is situated in the north-western part of Ingul megablock. It is composed by intrusive formations of gabbro-anorthosite-ropakivi granite complex of rocks. Gabbro-anorthosite in the composition of the pluton forms four massifs: Mezhyrich, Gorodische, Smila and Novomyrgorod. Gorodische massif (about 200 km<sup>2</sup>) is located in the western part of Korsun-Novomyrgorod pluton. About 80 % of the area of this massif is composed by coarse-grained anorthosite and norite-anorthosite. Norites and anorthosites form the tabular bodies, prolonged in the north-western direction. U/Pb isotopic method was used to determine the age of gabbroids massifs by zircon. Samples for the isotopic dating were collected in natural and man-made outcrops in the surrounding populated localities Khlystunivka and Voronivka. Complex structure of zircon crystals and the presence of relict centers (nuclei) in some of them were determined by optical and electronic microscope methods. Zircon complex crystals as well as the wide variety of their types are characteristic of anorthosite differences of gabbroids that is likely caused by more prolonged existence of anorthosite melts and by more difficult history of their formation. U/Pb isotopic method was used to determine the age of homogeneous crystals of zircons of norite and anorthosite differences of gabbroids of 1740—1770 Ma.  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  isotopic ratio was obtained in the interval 1774.6—1750.4 Ma (discordance 4.0—8.5 %) for olivine gabbro-norite-anorthosite zircons of the eastern part of Gorodische. Baddeleyite age is determined as 1758.2 Ma (by the isotopic ratio  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ). Age of zircons of olivine gabbro-norite-anorthosite is calculated by the upper crossing of concordia with discordia and they are dated at  $1738,8 \pm 3,6$  Ma. Weighted mean of the age by the  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  isotopic ratio is  $1739,4 \pm 3,4$  Ma. The age of porphyritic norite zircons (Khlystunivka vil.) is  $1749 \pm 0,5$  Ma. For olivine norite-troctolite zircons (Voronivka vil.) the age is determined by light rose crystals of zircons as  $1750,1 \pm 1,2$  Ma. We suppose probable contamination of the initial melts by the enclosed rocks, or the incomplete melting of substratum rocks. It is confirmed by high values of initial isotopic ratio  $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} = 0,7053\text{—}0,7069$ , which were calculated for plagioclases and apatites from dated samples of gabbroids.

*Keywords:* gabbroids, gabbro-norite-anorthosite, zircons, relict centers (nuclei), geochronological dating, age, Korsun-Novomyrgorod pluton.