https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.01.032
УДК 549.5.517.2 + 549.731.13 + 549.057 + 549.08

Л.В. Шумлянский [1], А.В. Митрохин [2], Ж.К. Дюшен [3], С.В. Богданова [4], Ш. Биллстрём [5], А.Н. Омельченко [2], Б. Багински [6]

[1] Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины
03142, г. Киев, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34
E-mail: lshumlyanskyy@yahoo.com

[2] Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
Учебно-научный институт "Институт геологии"
03022, г. Киев, Украина, ул. Васильковская, 90
E-mail: mitr@univ.kiev.ua, alnika@ukr.net

[3] Льежский университет
B 4000 Сарт-Тильман, г. Льеж, Бельгия
E-mail: jc.duchesne@ulg.ac.be

[4] Лундский университет
223 62, г. Лунд, Швеция, ул. Sölvegatan, 12
E-mail: svebog@yandex.ru

[5] Шведский природоведческий музей
SE-10405, г. Стокгольм, Швеция, п/я 50 007
E-mail: kjell.billstrom@nrm.se

[6] Варшавский университет
02-089, г. Варшава, Польша, ул. Звирки и Вигуры, 93
E-mail: b.baginski1@uw.edu.pl

ПЕТРОЛОГИЯ ДАЕК СУБЩЕЛОЧНЫХ ДОЛЕРИТОВ КОРОСТЕНСКОГО КОМПЛЕКСА, СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ РАЙОН УКРАИНСКОГО ЩИТА

Среди разнообразных по возрасту и геохимическим особенностям дайковых пород Северо-Западного района Украинского щита четко выделяется группа субщелочных даек основного состава, относимых к раннепротерозойскому (1815—1740 млн лет) коростенскому анортозит-рапакивигранитному комплексу. Геологические взаимоотношения даек субщелочных долеритов с породами Коростенского плутона, а также геохронологические данные указывают на то, что их внедрение происходило неоднократно — около 1800, 1760 и 1750 млн лет тому назад. Рои субщелочных даек основного состава распространены также далеко за пределами собственно Коростенского плутона, что указывает на значительно более широкое площадное развитие магматизма этого типа. Главные особенности химического состава изученных даек — их низкая магнезиальность (#Mg = 24,5—39), низкое содержание SiO_2 (46—54 %), и высокое — TiO_2 (1,7—3,8 %), CaO (5—8 %), K_2O (1,0—3,1 %), P_2O_5 (до 1,9 %). Дайки коростенского комплекса отличаются повышенным содержанием некогерентных элементов (Rb, Zr, РЗЭ), и весьма низким — когерентных, в первую очередь Ni, Cr, Cu, V. Характерно также низкое содержание стронция. Степень фракционирования РЗЭ ($[La/Yb]_N$) сравнительно высокая — от 5 до 14. Значение εNd_{1760} в дайках комплекса варьирует от −1,6 до 1,6, а εSr_{1760} — от −5 до 19 (за исключением двух значительно более радиогенных проб). Изотопный состав свинца охватывает широкий диапазон от нерадиогенных ($^{206}Pb/^{204}Pb$ = 16,2) до радиогенных ($^{206}Pb/^{204}Pb$ = 20,2) значений. Состав породообразующих минералов дайковых пород близок к составу

© Л.В. ШУМЛЯНСКИЙ, А.В. МИТРОХИН, Ж.К. ДЮШЕН, С.В. БОГДАНОВА, Ш. БИЛЛСТРЁМ, А.Н. ОМЕЛЬЧЕНКО, Б. БАГИНСКИ, 2018

минералов анортозитов главной фазы внедрения Коростенского плутона, указывая на то, что кумулятивные минералы анортозитов кристаллизовались из расплавов, подобных по составу субщелочным дайкам. Эволюция химического состава даек определяется фракционной кристаллизацией плагиоклаза и оливина. В остаточном расплаве накапливаются компоненты, входящие в состав калиевого полевого шпата, а также некогерентные элементы, входящие в состав акцессорных минералов. Особенности распределения РЗЭ позволяют предположить, что источником субщелочных основных расплавов были гранатсодержащие породы (эклогиты ?). Распределение микроэлементов указывает на коровое происхождение первичных расплавов. По особенностям вещественного состава дайковые породы Коростенского плутона близки к йотунитам, развитым в анортозитовой провинции Рогаланд и других анортозитовых провинциях мира.

Ключевые слова: субщелочные долериты, дайки, палеопротерозой, Украинский щит.

Введение. Дайки основного состава — важный индикатор мантийной геодинамики и инструмент реконструкций суперконтинентов [26]. Их широко используют для изучения происхождения и эволюции магматических комплексов, поскольку породы, слагающие слабо дифференцированные дайки, по составу близки к исходным расплавам. В частности, дайки основного состава анортозит — рапакивигранитных комплексов используют для исследования эволюции и происхождения этих комплексов [28, 33, 43, 44].

Разнообразные по составу и возрасту дайки основного состава широко распространены в пределах Северо-Западного района Украинского щита (УЩ) [1, 2, 4, 5, 7, 11, 13, 14, 18, 35, 38 и многие другие публикации]. Одна из групп даек связана со становлением Коростенского анортозит-рапакивигранитного плутона, и в разном объеме и под разными названиями выделена многими исследователями. Связь даек с Коростенским плутоном подтверждается геологическими соотношениями и геохронологическими данными [3, 24, 25, 37, 39]. В этой работе мы приводим новые геохимические и изотопно-геохимические данные, полученные для дайковых пород, связанных с формированием коростенского комплекса.

Цель нашего исследования — выяснение происхождения даек и их генетических соотношений с основными породами Коростенского плутона (КП).

Дайковые комплексы Северо-Западного района Украинского щита. Поскольку U-Pb методом до сих пор датированы лишь немногие дайки Северо-Западного района УЩ [3, 18, 21, 25, 27, 35, 37], для их типизации используют геологические соотношения с вмещающими комплексами, петрографический и химический состав, степень деформации и метаморфизма. На современном этапе исследований в данном районе могут быть обоснованно выделены такие дайковые комплексы основного состава:

1. Метаморфизованные в условиях амфиболитовой фации и сложно деформированные дайки основного и ультраосновного состава возрастом около 2100 млн лет, прорывающие супракрустальную тетеревскую серию (2200—2100 млн лет), но не встречающиеся в гранитоидах житомирского комплекса (2090—2040 млн лет);

2. Дайки основного и ультраосновного состава возрастом около 2000—1970 млн лет, относимые к осницкому комплексу. Дайки этого типа, как правило, не деформированы либо слабо деформированы, имеют небольшую мощность (до первых десятков метров), и подверглись региональному метаморфизму эпидот-амфиболитовой фаций [14, 31]. Встречаются в виде тел, рвущих как гранитоиды осницкого комплекса, так и более древние образования;

3. Дайки и малые интрузивы никеленосных долеритов и габброидов прутовского комплекса возрастом 1780—1790 млн лет [18, 35, 37, 38]. Эти породы обычно совершенно свежие, не имеют признаков деформаций и регионального метаморфизма. Интрудируют все более ранние породные комплексы района, но, за исключением одной дайки, вскрытой Малинским карьером, не встречены в пределах КП;

4. Дайки субщелочных высокотитанистых долеритов, плагиопорфиритов, и базальтов, относимые нами к коростенскому комплексу. Широко распространены как в границах собственно плутона, так и далеко за его пределами [6—8 и многие другие публикации]. Эти дайки формировались в интервале 1800 и 1750 млн лет и составляют предмет детального рассмотрения в нашей статье. В эту группу мы включаем и дайки так называемого постовручского комплекса, для которых предполагался неопротерозойский возраст [2, 5]. Однако исследованиями [15, 21] было показано, что эти дайки также следует относить к коростенскому комплексу.

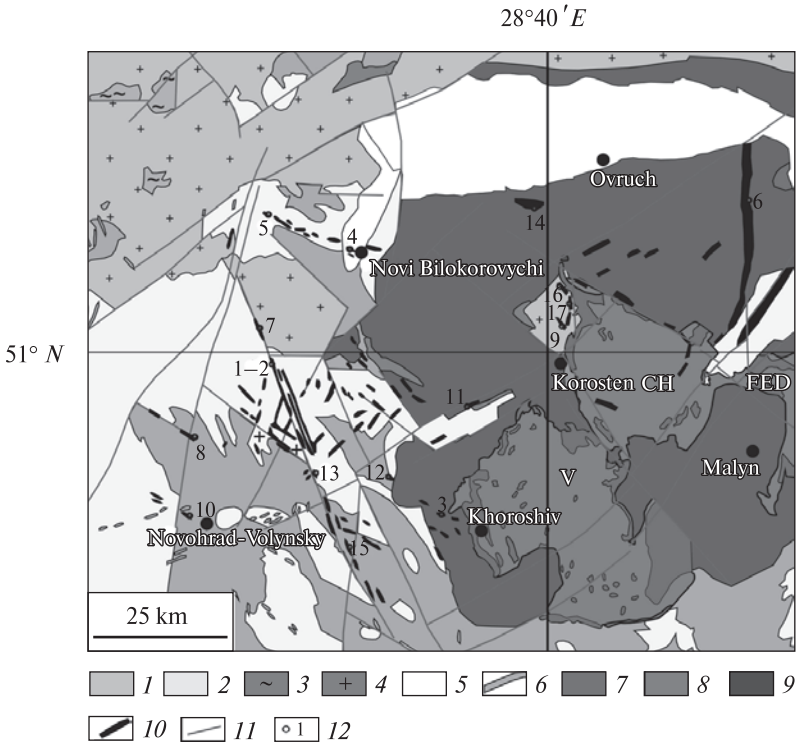

Рис. 1. Геологическая карта Коростенского плутона. Анортозитовые массивы: CH — Чоповичский; *FED* — Федоровский; V — Волынский: *1* — метаморфические породы тетеревской серии (ок. 2200—2100 млн лет); *2* — граниты житомирского комплекса (2080—2040 млн лет); *3* — метавулканиты клесовской серии (ок. 2000 млн лет); *4* — породы осницкого комплекса (ок. 2000 млн лет); *5* — вулканиты и терригенные отложения Овручской (1760—1600 млн лет) и Белокоровичской (2000—1800 млн лет) впадин; *6* — толеитовые дайки и расслоенные интрузивы прутовского комплекса (1790—1780 млн лет); *7—10* — коростенский комплекс (1815—1740 млн лет) (*7* — мафические и ультрамафические породы; *8* — анортозиты и лейкогаббро; *9* — граниты; *10* — дайки); *11* — главные разломы; *12* — расположение обнажений и их номера, согласно табл. 1

Fig. 1. Geological map of the Korosten plutonic complex. Anorthosite massifs: CH — Chopovychi; FED — Fedorivka; V — Volynsky: *1* — metamorphic rocks of the Teteriv Series (c. 2200—2100 Ma); *2* — granites of the Zhytomyr Complex (2080—2040 Ma); *3* — metavolcanites of the Klesiv Series (c. 2000 Ma); *4* — rocks of the Osnitsk Complex (c. 2000 Ma); *5* — volcanic and terrigenous rocks of the Ovruch (1760—1600 Ma) and Bilokorovychi basins (2000—1800 Ma); *6* — tholeiite dykes and layered intrusions of the Prutivka Complex (1790—1780 Ma); *7—10* — Korosten plutonic complex (1815—1740 Ma) (*7* — mafic and ultramafic rocks; *8* — anorthosites and leucogabbros; *9* — granites; *10* — dykes); *11* — major faults; *12* — outcrops locations and their numbers, according to Table 1

Помимо отмеченных выше групп дайковых пород, в пределах Северо-Западного района УЩ возможно присутствие более молодых даек основного состава, становление которых связано либо с формированием вендской траповой формации Волыни (около 570 млн лет тому назад [40]), либо с заложением и развитием девонского Днепрово-Донецко-Припятского палеорифта.

Геологическое положение коростенского комплекса и связанных с ним даек. КП располагается в восточной части Северо-Западного района УЩ на его границе с Росинско-Тикичским районом и представляет собой многофазный раннепротерозойский (1815—1737 млн лет, [3, 24, 25, 39] платформенный интрузив, сложенный породами анортозит-рапакивигранитной ассоциации. Плутон представляет собой почти изометрическое в плане тело общей площадью около 10400 км^2. Примерно 75 % этой площади занято гранитоидами, 25 % — основными породами (рис. 1).

Вмещающими для плутона служат метаморфизованные в амфиболитовой фации породы тетеревской серии, а также гранитоиды житомирского и осницкого комплексов. Кровля плутона была сложена платформенными осадками пугачевской толщи, которые находятся среди пород плутона в виде крупных ксенолитов [22]. Вдоль северо-западного контакта плутона располагается Белокоровичская впадина, выполненная раннепротерозойскими субплатформенными отложениями топильнянской серии — песчаниками, алевролитами, аргиллитами, сланцами, гравелитами и палеобазальтами. По геологическим и геохронологическим данным [12, 15, 21], осадки, выполняющие впадину, имеют докоростенский возраст. На севере породы КП частично перекрыты вулканогенно-терригенными платформенными отложениями овручской серии, выполняющими Овручскую и Вильчанскую грабен-синклинали. Излияние кислых эффузивов, слагающих нижнюю часть серии,

Таблица 1. **Химический состав дайковых пород коростенского комплекса***
Table 1. **Chemical composition of dykes of the Korosten plutonic complex**

# in Fig. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Location	Rudnya Ivanivska		Stavky	Biloko-rovychi	Radovel	Zvizdal-Zalissya	Pidluby	Khodurky	Sokoryky	Oleksan-drivka	Puhachivka	Bobrytsya	Naraivka	Bondary	Luhy	Mykhai-livka	Bardy
Sample	56	1028	37-3	1025/52	Radovel	ZZ	1031/15	1053/ 147-150	Sokoryky	06-HB4	33/32	40/3	11-14	BV	505/230	45/17	07-243-4
#Mg	36.3	33.3	39.0	31.7	31.6	34.4	28.4	36.2	26.5	31.4	29.8	24.5	28.7	28.0	31.0	37.1	34.7
SiO_2	46.24	51.96	52.18	47.24	48.08	48.39	51.90	47.54	51.48	51.78	51.81	54.24	52.63	47.63	52.18	47.83	49.70
TiO_2	3.27	1.69	4.22	3.63	3.77	2.66	2.78	3.57	2.93	3.09	3.22	2.38	3.25	3.61	2.90	2.19	2.90
Al_2O_3	14.86	13.43	15.01	13.93	14.22	17.74	12.73	14.28	12.96	14.09	13.72	13.69	13.68	13.84	13.40	14.77	14.60
Fe_2O_3t	16.77	15.56	11.55	17.42	16.96	12.24	16.21	15.49	15.91	15.06	14.60	14.56	14.34	16.57	14.17	17.77	18.57
MnO	0.19	0.22	0.16	0.18	0.18	0.14	0.19	0.17	0.17	0.17	0.19	0.18	0.15	0.24	0.19	0.20	0.22
MgO	4.57	3.71	3.52	3.86	3.74	3.06	3.07	4.20	2.73	3.29	2.96	2.25	2.76	3.08	3.03	5.01	4.70
CaO	7.08	6.96	7.05	6.46	6.28	8.06	6.73	6.47	5.60	5.36	5.04	5.00	5.58	6.38	5.78	7.75	7.00
Na_2O	3.35	3.05	3.31	2.99	3.00	3.38	2.87	3.72	2.61	3.59	2.95	2.89	2.75	2.22	3.76	3.77	1.49
K_2O	1.55	1.96	1.42	1.96	2.12	1.34	2.07	2.27	2.63	2.40	2.93	3.09	2.36	2.42	2.12	0.98	0.20
P_2O_5	0.52	0.28	0.27	0.65	0.65	0.51	1.13	1.76	1.08	0.67	1.60	0.80	0.85	1.87	0.94	0.33	0.30
S	0.13	0.13	N/a	0.14	0.14	0.08	0.21	0.18	0.17	0.12	N/a	N/a	0.08	0.22	0.34	N/a	0.10
LOI	1.08	0.90	0.24	1.30	1.00	1.77	0.30	0.30	2.20	0.30	1.47	1.37	1.30	3.56	1.20	–0.65	1.30
Total	99.27	99.74	98.69	99.76	100.14	99.37	100.19	99.95	100.47	99.92	100.49	100.45	99.73	101.64	100.01	99.95	101.08
Th	3	5	6	3.8	4	2.1	3.1	3.7	7.57	3	N/a	N/a	2.6	7.7	2.3	N/a	N/a
U	0.7	1.4	1.9	0.8	0.7	0.53	0.4	0.9	2.47	0.5	N/a	N/a	0.5	2.6	0.6	N/a	N/a
Zr	227	156	271	244	259	154	229	411	338	292	459	338	322	471	351	133	145
Hf	5.7	4.5	6.6	6.4	6	3.9	6.4	8.5	8.3	6.6	N/a	N/a	8.4	11	9.4	N/a	3.9
Nb	15	9	17	18	17	10	13	25	21	20	29	20	26	32	42	11	12
Ta	1.0	0.4	1.0	0.90	0.90	0.57	0.60	1.4	1.1	1.1	N/a	N/a	1.4	1.7	2.2	N/a	0.68
Rb	39	78	93	44	62	27	42	53	83	51	106	90	117	78	104	22	1.6
Sr	480	291	313	445	439	522	504	439	353	525	308	423	546	329	602	461	356
Ba	661	665	604	866	832	651	953	1159	1123	1063	1400	1204	930	1035	822	596	420
V	144	415	241	189	178	98	396	134	113	168	72	64	137	103	205	176	201
Zn	94	85	140	119	90	78	90	103	145	75	156	154	171	147	151	119	139
Ni	18	33	7	7	8	9	21	7	8	8	8	3	11	11	15	16	41
Co	50	46	30	42	44	35	34	35	33	36	28	33	24	34	33	45	75
Y	32	38	38	35	36	26	47	43	47	31	31	37	36	52	45	25	24
La	34	28	44	35	37	24	41	53	56	36	N/a	N/a	57	69	60	N/a	20
Ce	72	62	96	83	86	50	102	119	118	86	N/a	N/a	121	152	139	N/a	47
Pr	8.7	7.2	12.2	10	11	7	13	17	16	12	N/a	N/a	16	20	19	N/a	6.2
Nd	42	30	52	46	47	31	56	74	66	53	N/a	N/a	67	85	78	N/a	28
Sm	8.4	6.8	10.3	9	10	6	12	13	13	10	N/a	N/a	13	16	14	N/a	5.9
Eu	2.5	1.8	3.0	2.5	2.4	1.9	3.2	2.7	2.3	2.6	N/a	N/a	3.1	2.66	3.7	N/a	1.8

Окончание табл. 1.
The end of Table 1

# in Fig. 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Location	Rudnya	Ivanivska	Stavky	Biloko-rovychi	Radovel	Zvizdal-Zalissya	Pidluby	Khodurky	Sokoryky	Oleksan-drivka	Puhachivka	Bobrytsya	Naraivka	Bondary	Luhy	Mykhai-livka	Bardy
Sample	56	1028	37-3	1025/52	Radovel	ZZ	1031/15	1053/ 147-150	Sokoryky	06-HB4	33/32	40/3	11-14	BV	505/230	45/17	07-243-4
Gd	8.0	5.9	8.7	8.1	9.1	6.0	11	12	11	8.2	N/a	N/a	9.9	13	12	N/a	5.7
Tb	1.2	1.1	1.3	1.2	1.3	0.8	1.5	1.8	1.6	1.3	N/a	N/a	1.4	2.0	1.73	N/a	0.82
Dy	6.3	6.8	6.9	6.8	6.8	4.7	8.8	8.9	9.0	6.6	N/a	N/a	7.7	9.8	9.0	N/a	5.0
Ho	1.2	1.3	1.3	1.2	1.4	0.9	1.7	1.5	1.7	1.1	N/a	N/a	1.3	1.8	1.7	N/a	1
Er	3.4	4.0	3.6	3.6	3.6	2.7	4.8	3.8	4.7	2.9	N/a	N/a	3.4	5.1	4.2	N/a	2.7
Tm	0.5	0.6	0.5	0.49	0.50	0.39	0.71	0.55	0.65	0.38	N/a	N/a	0.49	0.69	0.6	N/a	0.37
Yb	3.2	3.6	3.1	2.8	3.2	2.6	3.6	3.5	4.1	2.6	N/a	N/a	3.0	4.7	3.9	N/a	2.4
Lu	0.4	0.6	0.5	0.45	0.51	0.38	0.63	0.58	0.64	0.43	N/a	N/a	0.43	0.66	0.57	N/a	0.36

П р и м е ч а н и е. Тут и в табл. 3—6: N/a — не анализировался. * — Содержание главных петрогенных оксидов, серы, потери при прокаливании и сумма даны в вес. %, концентрации элементов — в частях на миллион.

N o t e. Here and in Tables 3—6: N/a — not analyzed. * — Abundances of the main oxides, sulphur and total are in wt. %, elements are in ppm.

произошло около 1760 млн лет тому назад [19, 23].

Изученные дайки коростенского комплекса распространены в поле развития рапакивиподобных гранитов КП, в габбро-анортозитовых массивах, внутренних блоках складчатого фундамента, а также во вмещающих плутон породах. Пространственно их распространение ограничивается северной и западной частями КП. В юго-восточной части КП и далее к югу, и востоку от плутона они неизвестны. Самые крупные дайки (Звиздаль-Залесская и Скуратовская) образуют пояс, пересекающий КП в субмеридиональном направлении. Меньшие по размерам дайки контролируются тектоническими зонами северо-западного и северо-восточного простирания. Дайки северо-западного простирания образуют три пояса: Радовельский, Межиричанско-Обиходовский и Ставки-Кривотинский. Северо-восточное простирание имеют Рудня-Базарская интрузия, а также Народичско-Ушомирский дайковый пояс, пересекающийся с Межиричанско-Обиходовским в центральной части плутона.

Палеопротерозойский возраст даек обоснован геологическими данными. Нижняя возрастная граница определена по прорыванию ими гранитоидов житомирского и осницкого комплексов и отложений топильнянской серии, а также по отсутствию в них признаков регионального метаморфизма и мигматизации. Верхняя возрастная граница определена по взаимоотношениям даек с отложениями протоплатформенного чехла. Так, Звиздаль-Залесская дайка, прорывающая граниты коростенского комплекса, в северной своей части несогласно перекрыта отложениями Овручской впадины. Рудня-Базарская дайка, секущая вмещающие плутон породы, в своей северо-восточной части также перекрыта отложениями Вильчанской впадины. Даек основного состава, достоверно пересекающих отложения овручской серии, не установлено. В некоторых дайках плагиопорфиритов, секущих породы КП, известны ксенолиты кварцитовидных метапесчаников, относящихся к пугачевской толще палеопротерозоя.

Методика исследований. Химический состав порошковых проб горных пород (включая определение концентраций Rb и Sr, использованных для пересчета исходного изотопного состава Sr) определен методом *ICP-MS* в коммерческой лаборатории фирмы *ACME*, Ванку-

вер, Канада. Химический состав небольшого количества проб исследован рентгенофлюоресцентным методом на приборе *ARL* 9400 *Sequential XRF* в Льежском университете, Бельгия, на сплавленных стеклянных (главные петрогенные оксиды) и прессованных (микроэлементы) дисках.

Изотопный состав Sr и Nd в валовых пробах пород определен в Изотопной лаборатории Шведского природоведческого музея, г. Стокгольм. Концентрация Nd и Sm определена методом изотопного разбавления с использованием смешанного ^{150}Nd-^{147}Sm трассера. Изотопный состав Sr и Nd измерен на масс-спектрометре *Triton* в статическом режиме. Измерения изотопного состава Nd нормированы к отношению ^{146}Nd/^{144}Nd = 0,7219, ошибка измерения величины ^{147}Sm/^{144}Nd оценивается в <0,5 %. Изотопный состав Sr нормирован к величине ^{86}Sr/^{88}Sr = 0,1194.

Изотопный состав Pb в валовых пробах пород также изучен в Изотопной лаборатории Шведского природоведческого музея. Образцы растворяли в плавиковой и азотной кислотах, после чего свинец выделяли с использованием ионно-обменных смол. Изотопный состав свинца определен на мультиколлекторном *ICP-MS ISOPROBE* с использованием таллия в качестве внутреннего стандарта для корректировки эффектов масс-дискриминации. Для оценки точности измерений использованы стандарты *NBS* 981 и *BCR*-1.

Состав минералов определен методом электронного микрозондового анализа в Межинститутском аналитическом комплексе геологического факультета Варшавского университета (Польша). Измерения выполнены с использованием электронного микрозонда *Cameca SX*-100, оборудованного тремя волнодисперсионными спектрометрами. Анализ выполнен при ускоряющем напряжении в 15 kV и токе в 20 nA. Длительность измерений составляла 20 с, до и после измерений проведены фоновые измерения продолжительностью по 10 с. Для корректировки полученных измерений использована программа *PAP* φ (ρ*Z*).

Петрографические особенности даек коростенского комплекса. Вопрос петрографической классификации дайковых пород КП довольно сложный, что связано как со своеобразием их состава (высоким содержанием ильменита и апатита, присутствием калиевого полевого шпата (КПШ)), так и с наличием "параллельной" классификации для гиперстенсодержащих ("чарнокитовых") пород среднего и кислого состава. Формально изученные нами дайковые породы относятся к основным, что связано с высоким содержанием TiO_2, FeO_t, P_2O_5 и, как следствие, с низким SiO_2. Такой основный состав позволяет применять к этим породам "классическую" номенклатуру основных пород, и называть их долеритами, габбро-долеритами, габброноритами и т. д. Нами в данной работе использован именно такой классификационный подход, поскольку он уже устоялся в украинской геологической литературе. В дальнейшем для обобщенного описания дайковых пород КП мы будем использовать "групповой" термин "долериты". Однако такой подход не учитывает в полной мере особенностей минерального состава этих дайковых пород и особенностей химического состава породообразующих минералов. В частности, согласно рекомендациям [32], породы, плагиоклаз которых имеет состав кислее An_{50}, должны классифицироваться как диориты; при наличии более 10 % КПШ эти породы классифицируются как монцодиориты или же, если их плагиоклаз основнее An_{50}, как монцогаббро. В связи с этим в работе [39] дайковые породы КП охарактеризованы как ферромонцодиориты. Учитывая спорадическое присутствие гиперстена и близость химического состава к аналогичным породам, развитым в других анортозит-рапакивигранитных провинциях мира, авторы работы [30] называют эти же породы йотунитами.

Наиболее крупные гипабиссальные тела (Звиздаль-Залесская, Скуратовская, Белокоровичская, Радовельская и Рудня-Ивановская дайки) сложены *субщелочными габбро-долеритами*. Эти породы часто значительно изменены, структура офитовая, участками — габбро-офитовая. В небольшом количестве присутствуют сравнительно мелкие, до 1,5—2 см, фенокристы плагиоклаза. Размер зерен в основной массе составляет 0,3—8 мм. Главные породообразующие минералы представлены плагиоклазом и клинопироксеном, второстепенные и акцессорные — оливином, КПШ, биотитом, кварцем, рудными минералами и апатитом, цирконом и бадделеитом. Плагиоклаз ($An_{60—43}$, часто до олигоклаз-андезина) преобладает, образуя лейстовидные зерна размером до 3,5—5 мм. Характерна правильная прямая зональность с идиоморфным ядром и

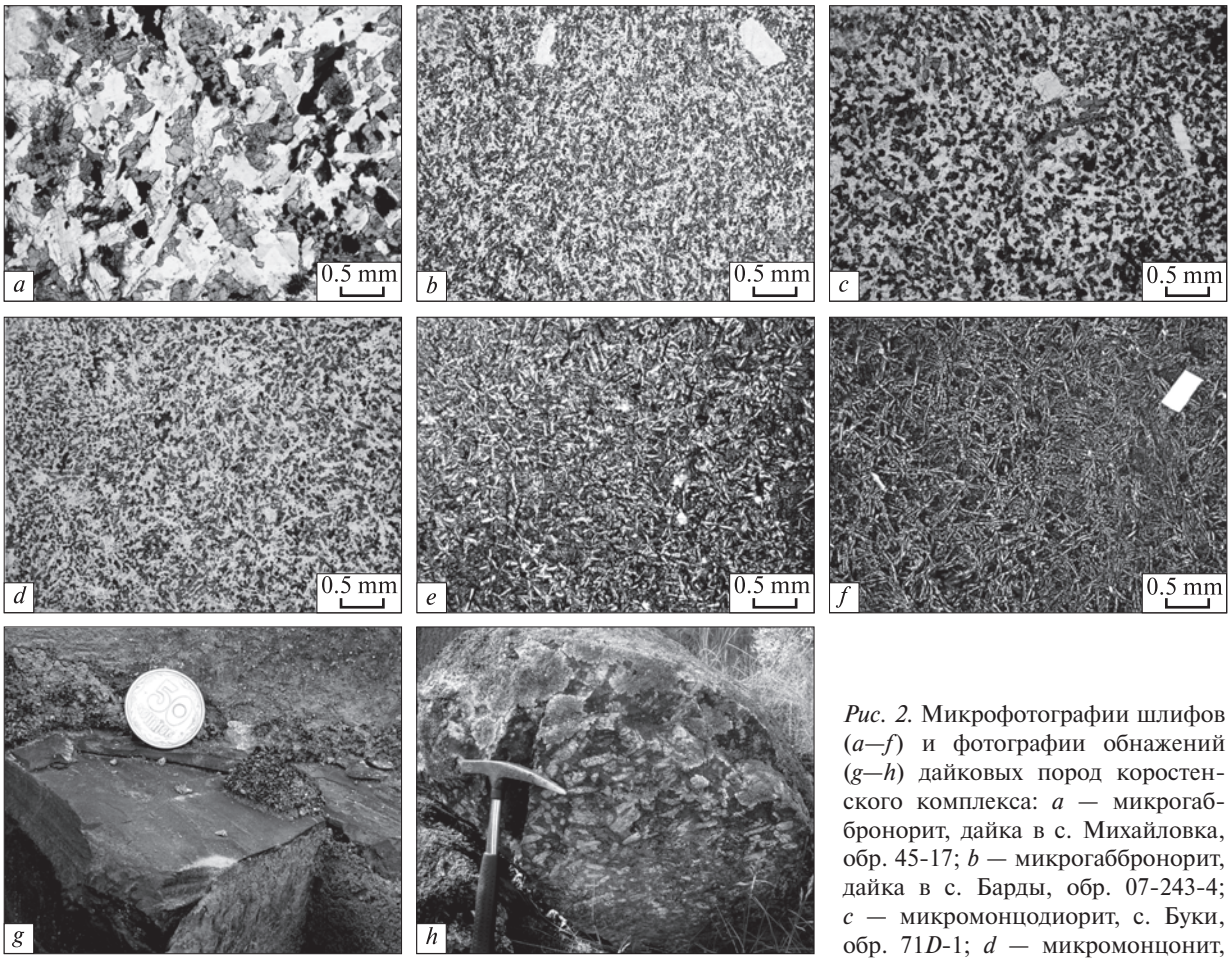

Рис. 2. Микрофотографии шлифов (*a—f*) и фотографии обнажений (*g—h*) дайковых пород коростенского комплекса: *a* — микрогаббронорит, дайка в с. Михайловка, обр. 45-17; *b* — микрогаббронорит, дайка в с. Барды, обр. 07-243-4; *c* — микромонцодиорит, с. Буки, обр. 71*D*-1; *d* — микромонцонит, с. Буки, обр. 72-3*m*; *e* — долерит, с. Бехи, обр. Sokoryky; *f* — долерит, с. Ставки, обр. 37-3; *g* — закаленный стекловатый контакт силла в карьере с. Бондари; *h* — плагиофировая дайка, с. Пугачевка, обнажение

Fig. 2. Microphotographs of thin sections (*a—f*) and photos of outcrops (*g—h*) of dykes that belong to the Korosten plutonic complex: *a* — microgabbronorite, dyke, Mykhailivka village, sample 45-17; *b* — microgabbronorite, dyke, Bardy village, sample 07-243-4; *c* — micromonzodiorite, Buky village, sample 71D-1; *d* — micromonzonite, Buky village, sample 72-3m; *e* — dolerite, Bekhi village, sample Sokoryky; *f* — dolerite, Stavky village, sample 37-3; *g* — chilled glassy margin of the Bondary sill, Bondary village, quarry; *h* — plagiophyric dyke, Puhachivka village, outcrop

более кислой внешней оболочкой. Тонкие игольчатые включения рудного минерала, а также антипертиты, весьма характерные для плагиоклазов некоторых других основных пород КП, тут не встречаются. Обычно плагиоклаз в разной степени пелитизирован и соссюритизирован.

Клинопироксен бурого цвета образует резко ксеноморфные выделения, замещаемые хлоритом, амфиболом, карбонатом, иногда — ильваитом. Оливин представлен сравнительно мелкими зернами (1,2—1,5 мм) правильной полигональной формы с закругленными ребрами. Имеет примерно равный идиоморфизм с плагиоклазом и лишь изредка может содержать неглубоко вдающиеся вростки последнего. В разной степени замещается серпентином, тальк-магнетитом, иддингситом, боулингитом, стильпномеланом. Среди рудных минералов наиболее распространен ильменит, образующий мелкие (0,5—1,5 мм) скелетные кристаллы пластинчатого или игольчатого габитуса. Апатит образует немногочисленные коротко-столбчатые и тонкошестоватые кристаллы длиной до 2—2,5 мм. КПШ, биотит, кварц присутствуют в небольшом количестве в интерстициях.

В Звиздаль-Залесской дайке вблизи контактов развиты *габбро-долериты краевой фации*. Эти породы более мелкозернистые, четче проявлен идиоморфизм плагиоклаза по отношению к оливину. Клинопироксен формирует крупные (до 6—10 мм) пойкилокристы, благодаря чему структура породы переходит в пой-

килоофитовую. Ильменит образует неправильные кристаллы, идиоморфные относительно авгита. Иногда в промежутках крупных кристаллов плагиоклаза появляются участки, выполненные мелкозернистым интерстициальным долеритом. Последний сложен мелкими (0,2—0,3 мм) лейстами плагиоклаза в офитовом прорастании с удлиненными ксеноморфными зернами авгита такого же размера и мелкими изометричными выделениями рудного минерала. Участками наблюдается частично девитрифицированное стекло.

Субщелочные долериты, *трахибазальты*, *трахиандезибазальты и плагиопорфириты* слагают многочисленные маломощные дайки, а также приконтактовые участки крупных габбро-долеритовых даек (рис. 2). В зависимости от содержания вкрапленников плагиоклаза их структура даже в пределах небольшого тела может варьировать от афировой и олигофировой — в субщелочных долеритах и трахибазальтах, до порфировой и полифировой — в плагиопорфиритах. Трахибазальты и трахиандезибазальты с неполнокристаллической интерсертальной, гиалопелитовой или вариолитовой структурами основной массы могут слагать небольшие дайки субвулканической фации. Среди плагиопорфиритов, известных также под названием "волыниты", наиболее распространены крупнопорфировые разности с мегакристами плагиоклаза размером 1—3 см, погруженными в мелкозернистую офитовую основную массу. Главные породообразующие минералы — плагиоклаз и пироксен, второстепенные и акцессорные — КПШ, девитрифицированное стекло, кварц, рудные минералы и апатит; вторичные — серицит, эпидот, карбонаты, хлорит, амфибол, биотит.

Плагиоклаз представлен двумя генерациями. К первой относятся вкрапленники размером до 0,3—2 см. Они обычно свежие, правильной формы, имеют повышенную основность An_{62-47}, четкое зональное строение с идиоморфным ядром. Плагиоклаз второй генерации формирует основную массу породы и представлен удлиненными лейстовидными кристаллами размером от 0,05—0,3 до 1,5—2 мм, обычно свежими. Характерен четкий идиоморфизм по отношению к пироксену; нередко содержит многочисленные мелкие включения апатита.

Пироксен представлен авгитом с характерной буроватой окраской. Исключение составляют лишь дайки гиперстеновых плагиопорфиритов Межиричанско-Обиходовского пояса, где совместно с авгитом присутствуют ксеноморфные выделения ортопироксена. Обычно пироксены образуют мелкие интерстициальные зерна, а также удлиненные кристаллы таких же размеров, как и плагиоклаз. В отличие от инвертированных пижонитов и авгитов из габброидов КП, пироксенам из описываемых дайковых пород не характерны структуры распада твердых растворов.

КПШ распространен не повсеместно. Форма зерен неправильная, интерстициальная, нередки мелкие вростки КПШ в антипертитовом плагиоклазе. Стекло серое или буроватое с высоким показателем преломления, обычно в той или иной степени девитрифицированное. Рудные минералы (ильменит и пирит) образуют мелкую вкрапленность, ассоциирующую с темноцветными минералами. Весьма характерны тонкошестоватые кристаллы ильменита, проявляющие идиоморфизм по отношению к пироксенам. Широко развиты реакционные каймы биотита вокруг рудных минералов. Апатит формирует включения игольчатой формы в плагиоклазе и авгите.

Микрогаббронориты, слагающие маломощные дайки в районе сел Михайловка и Барды, имеют аллотриоморфнозернистые габбровые, местами — габбро-офитовые структуры. Их особенность — наличие структур распада пироксенов и титаномагнетитов, подобных описанным в габброидах КП. Ортопироксен представлен инвертированным пижонитом с тонкими ориентированными ламелями авгита в гиперстеновой матрице. Количественно подчиненный ему клинопироксен содержит микроскопические ламели ортопироксена в авгитовой матрице. Титаномагнетит имеет пластинчатое или решетчатое строение, благодаря наличию ламелей ильменита. В микрогабброноритах иногда присутствует оливин.

Химический состав минералов. Согласно результатам микрозондовых исследований, полевые шпаты долеритов Белокоровичской дайки резко зональны. Ядерная часть зональных кристаллов полностью замещена агрегатом новообразованных минералов, что делает невозможным определение состава плагиоклаза. Краевые участки сложены олигоклазом $An_{29}Ab_{65-67}Or_{5-6}$. В виде немногочисленных самостоятельных кристаллов отмечены щелочные полевые шпаты и олигоклазы (табл. 2).

Пироксены долеритов Белокоровичской дайки представлены низкокальциевыми авгитами, переходящими в ферроавгиты состава $En_{30-38}Fs_{24-31}Wo_{37-40}$. Их ядерные участки обычно на несколько номеров магнезиальнее, чем краевые (табл. 3).

Таблица 2. **Химический состав плагиоклазов из дайковых пород коростенского комплекса, вес. %**
Table 2. **Chemical composition of plagioclase from dykes of the Korosten plutonic complex, wt. %**

Sample	Location in the crystal	SiO_2	Al_2O_3	FeO	CaO	Na_2O	K_2O	*An*	*Ab*	*Or*
1025	Margin	56.86	26.03	0.69	7.92	6.44	0.83	29	65	6
1025	Alkali feldspar	64.95	20.57	0.29	1.14	5.65	7.55	4	51	45
1025	Margin	57.03	26.30	1.02	7.89	6.73	0.69	29	67	5
56/27	Internal part	65.04	18.53	0.22	0.67	3.01	11.65	3	27	70
56/27	Centre	56.14	27.17	0.51	10.69	4.39	0.64	55	41	4
56/27	Intermediate part	55.80	27.15	0.55	10.60	4.70	0.57	54	43	3
56/27	Rim	65.19	22.18	0.40	4.21	6.73	1.47	23	67	10
56/27	Inclusion in clinopyroxene	59.30	25.86	0.60	8.76	5.20	0.85	46	49	5
56/27	Centre	52.46	28.23	0.24	12.30	0.37	4.43	59	39	2
56/27	Margin	60.57	23.35	0.36	5.90	0.82	7.61	29	66	5
56/27	Centre	51.62	28.91	0.41	12.73	0.34	3.98	62	36	2
56/27	Margin	56.42	25.50	0.89	8.71	0.57	5.99	43	54	3
B100	Centre	57.42	25.18	0.53	8.37	5.71	0.93	42	52	6
B100	Margin	58.65	24.77	0.58	7.64	6.17	1.19	38	55	7
B100	Rim	51.74	23.22	1.14	6.16	4.58	0.80	40	53	6
B100	Internal part	57.08	25.82	0.65	8.77	5.63	0.88	44	51	5
8112	Centre	58.62	27.24	0.99	2.29	4.54	5.00	14	50	36
8112	Intermediate part	57.60	25.78	1.43	10.13	5.05	0.65	51	46	4
8112	Margin	57.37	25.54	1.74	6.62	4.39	2.80	37	44	19
8112	Inclusion in clinopyroxene	57.62	24.85	0.53	10.13	5.00	1.37	49	43	8
8112	Centre	55.98	27.30	0.51	11.03	4.12	0.76	57	38	5
8112	Margin	57.46	25.08	0.60	8.77	4.79	1.08	47	46	7

П р и м е ч а н и е. К табл. 2—5: 1025 — Белокоровичская дайка, 56/27 — дайка Рудня Ивановская, B100 — силл в карьере с. Бондари, 8112 — Звиздаль-Залесская дайка.

N o t e. Sample locations in Tables 2—5: 1025 — Bilokorovychi dyke; 56/27 — Rudnya Ivanivska dyke; B100 — sill in the open pit in the Bondary village; 8112 — Zvizdal-Zalissya dyke.

Таблица 3. **Химический состав пироксенов из дайковых пород коростенского комплекса, вес. %**
Table 3. **Chemical composition of pyroxene from dykes of the Korosten plutonic complex, wt. %**

Sample	Location in the crystal	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	V_2O_5	Cr_2O_3	*En*	*Fs*	*Wo*
1025	Centre	50.10	0.95	1.36	16.49	0.38	10.97	18.79	0.47	0.13	N/a	33	27	40
1025	Margin	49.46	0.69	1.36	18.79	0.39	10.01	18.25	0.33	0.22	N/a	30	31	39
1025	Internal part	50.92	1.29	1.68	16.19	0.29	11.46	18.46	0.16	0.06	N/a	34	27	39
1025	Centre	51.15	0.87	1.41	14.66	0.46	12.86	17.69	0.15	0.37	N/a	38	24	38
1025	Margin	50.94	0.76	1.52	14.66	0.20	12.64	18.75	0.25	0.51	N/a	37	24	39
56/27	Centre	47.97	2.42	3.53	14.31	0.27	10.01	20.05	0.19	N/a	0.08	31	25	44
56/27	Intermediate part	48.72	1.70	2.66	15.33	0.35	10.15	20.02	0.21	N/a	0.05	31	26	43
56/27	Margin	49.88	1.19	2.46	15.54	0.34	10.22	20.06	0.24	N/a	0.00	31	26	43
56/27	Internal part	48.71	1.83	3.18	13.44	0.23	11.31	19.90	0.51	N/a	0.05	34	23	43
56/27	Internal part	48.54	1.93	3.11	13.98	0.25	10.89	19.92	0.49	N/a	0.09	33	24	43
8112	Internal part	51.02	1.11	1.48	14.28	0.32	11.74	19.91	0.17	N/a	N/a	34	24	42
8112	Centre	50.40	1.14	1.67	14.36	0.28	11.70	20.23	0.17	N/a	N/a	34	23	42
8112	Margin	50.57	1.17	1.69	15.98	0.34	10.91	19.52	0.17	N/a	N/a	32	26	41
8112	Internal part	50.40	1.14	1.67	15.70	0.32	10.89	19.81	0.17	N/a	N/a	32	26	42

Ильменит сравнительно чистый. Доля гематитового минала варьирует от 1 до 5 %, а пирофанитового составляет 3 %. Постоянно присутствует примесь V_2O_5 (0,1—0,5 %, табл. 4). Биотит умеренно титанистый (2,3—3,6 % TiO_2), и железистый (f = 50—68). Краевые участки кристаллов обогащены титаном и железом, по сравнению с центральными (табл. 5).

Химический состав минералов из долеритов дайки Рудня Ивановская заметно отличается от такового в Белокоровичской дайке. Плагиоклаз представлен лабрадор-андезитом, и имеет четкую прямую зональность: ядра имеют состав $An_{62—55}Ab_{36—41}Or_{2—4}$, а краевые участки кристаллов — $An_{43—23}Ab_{54—67}Or_{3—10}$. Идиоморфный вросток плагиоклаза в клинопироксене имел состав $An_{46}Ab_{49}Or_5$. Было проанализировано также интерстициальное выделение щелочного полевого шпата состава $An_3Ab_{27}Or_{70}$.

Клинопироксены — авгиты, граничащие с салитами $En_{31—34}Fs_{23—26}Wo_{40—44}$. Ильменит сравнительно чистый: содержит до 3 % гематитового, 1 % пирофанитового, и 1—3 % гейкилитового миналов. Примесь V_2O_5 до 0,40 %. Биотит, образующий каймы вокруг рудных минералов, высокотитанистый (5,6 % TiO_2) и умеренно железистый (f = 48). Оливин Рудня Ивановской дайки имеет состав $Fo_{30}Fa_{70}$.

В базальтах из силла в с. Бондари удалось проанализировать лишь состав плагиоклаза и ильменита. Состав плагиоклаза постоянный $An_{38—44}Ab_{55—51}Or_{7—5}$. Ильменит отличается высоким содержание MnO — до 5 % (до 11 % пирофанитового минала). Содержание V_2O_5 в этих ильменитах составляет около 0,5 %.

В долеритах Звиздаль-Залесской дайки плагиоклаз отличается четкой зональностью. Ядра сложены лабрадорами $An_{57}Ab_{38}Or_5$, тогда как

Таблица 4. **Химический состав ильменитов из дайковых пород коростенского комплекса, вес. %**
Table 4. **Chemical composition of ilmenite from dykes of the Korosten plutonic complex, wt. %**

Sample	Location in the crystal	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	V_2O_5	Hematite	Geikielite	Pyrophanite
1025	Centre	0.19	50.62	0.10	46.57	1.34	0.02	0.06	0.51	3	0	3
1025	Intermediate part	0.09	51.65	0.19	45.91	1.61	0.00	0.19	0.39	1	0	3
1025	Margin	0.23	50.86	0.06	46.62	1.44	0.00	0.06	0.41	2	0	3
1025	Internal part	0.15	50.09	0.57	46.63	1.32	0.05	0.00	0.08	3	0	3
1025	" "	0.20	50.12	0.39	47.76	1.54	0.08	0.07	0.11	5	0	3
56/27	" "	0.26	50.94	0.19	47.79	0.64	0.38	N/a	0.19	3	1	1
56/27	" "	0.19	50.80	0.20	47.13	0.60	0.32	N/a	0.34	3	1	1
56/27	" "	0.02	50.97	0.03	47.34	0.41	0.69	0.06	N/a	3	3	1
56/27	" "	0.03	51.08	0.25	46.70	0.50	0.77	0.00	N/a	3	3	1
B100	" "	0.07	47.99	N/a	42.56	5.03	0.01	0.14	0.51	5	0	11
B100	" "	0.05	49.20	N/a	43.69	3.98	0.01	0.35	0.55	2	0	7
8112	" "	0.22	51.61	0.39	46.62	0.91	0.50	N/a	0.38	2	2	2
8112	Inclusion in clinopyroxene	0.19	52.10	0.47	45.46	0.59	1.55	N/a	0.28	2	6	1
8112	Inclusion in olivine	0.25	51.70	0.29	46.69	0.59	1.11	N/a	N/a	3	4	1
8112	Inclusion in clinopyroxene	0.16	50.19	0.36	46.97	0.86	0.23	N/a	0.32	3	1	2

Таблица 5. **Химический состав биотита из дайковых пород коростенского комплекса, вес. %**
Table 5. **Chemical composition of biotite from dykes of the Korosten plutonic complex, wt. %**

Sample	Location in the crystal	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	MgO	Na_2O	K_2O
1025	Centre	38.20	2.33	11.30	21.85	12.01	N/a	8.65
1025	Margin	36.43	3.58	11.92	27.01	7.19	N/a	8.92
56/27	Internal part	35.86	5.87	12.43	21.82	9.05	0.44	9.24
56/27	" "	36.65	5.35	12.28	20.19	10.57	0.32	9.34
56/27	Rim around ilmenite	37.00	5.61	11.98	19.29	11.58	0.74	9.92

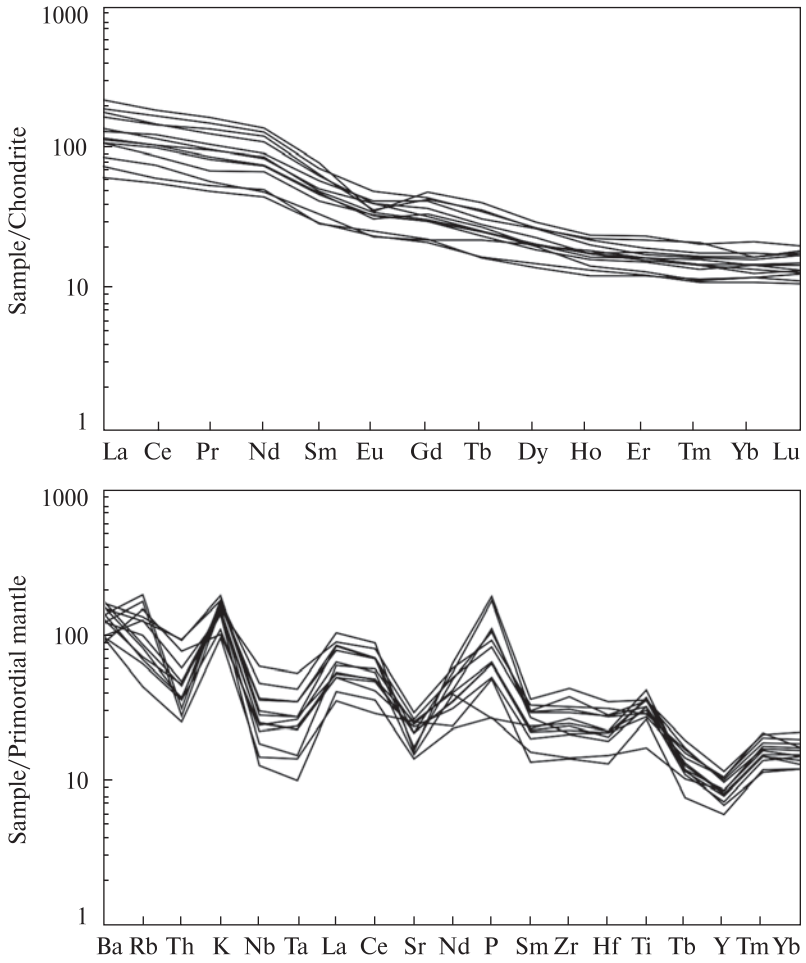

Рис. 3. Хондритнормированный график распределения РЗЭ и нормирован по первичной мантии график распределения микроэлементов в дайковых породах коростенского комплекса

Fig. 3. Chondrite-normalized plot of REE and primordial-mantle-normalized plot of trace elements for dykes of the Korosten plutonic complex

краевые участки значительно более кислые — $An_{37}Ab_{44}Or_{19}$. В отдельных случаях в ядрах зональных кристаллов обнаружены щелочные полевые шпаты $An_{14}Ab_{50}Or_{36}$. В целом плагиоклазы Звиздаль-Залесской дайки имеют андезин-лабрадоровый состав с заметной примесью ортоклазового минала $An_{49–51}Ab_{43–46}Or_{8–4}$. Пироксены дайки однообразны по составу $En_{34}Fs_{24}Wo_{42}$ — $En_{32}Fs_{27}Wo_{41}$, зональность слабая. Кроме клинопироксенов был проанализирован вросток ортопироксена в клинопироксен состава $En_{63}Fs_{37}$. Ильмениты отличаются несколько повышенным содержанием гейкилитового компонента (1—6 %); содержание пирофанитового (1—2 %) и гематитового (2—3 %) миналов небольшое. Единственный проанализированный оливин долеритов дайки имел состав $Fo_{33}Fa_{67}$.

Химический состав дайковых пород. Изученные дайки коростенского комплекса на классификационной диаграмме SiO_2 — (Na_2O + + K_2O) попадают в поля базальтов, трахибазальтов и трахиандезибазальтов; на диаграмме *FMA* они располагаются в поле толеитов. Отличительная особенность изученных даек — их низкая магнезиальность, #Mg = Mg/(Mg + Fe), ат. кол., варьирующая от 24,5 до 39,0 (табл. 1). В то же время, описываемые дайки имеют сравнительно низкое содержание (мас. %): SiO_2 (46—54), и высокое — TiO_2 (1,7—3,8), CaO (5—8), K_2O (1,0—3,1), P_2O_5 (до 1,9). С точки зрения микроэлементного состава, описываемые дайки резко отличаются от остальных даек основного состава Северо-Западного района УЩ повышенным содержанием некогерентных элементов (Rb, Zr, РЗЭ), и весьма низким — когерентных (Ni, Cr, Cu, V). Характерно также низкое содержание стронция, четко проявленное на спайдерграммах (рис. 3).

Хондритнормированная диаграмма распределения РЗЭ в коростенских дайках имеет вид гладких пологих линий, демонстрирующих плавное понижение концентраций РЗЭ от уровней около 60—200 хондритовых норм в области легких РЗЭ, до 12—20 в области тяжелых (рис. 3). Степень фракционирования [La/

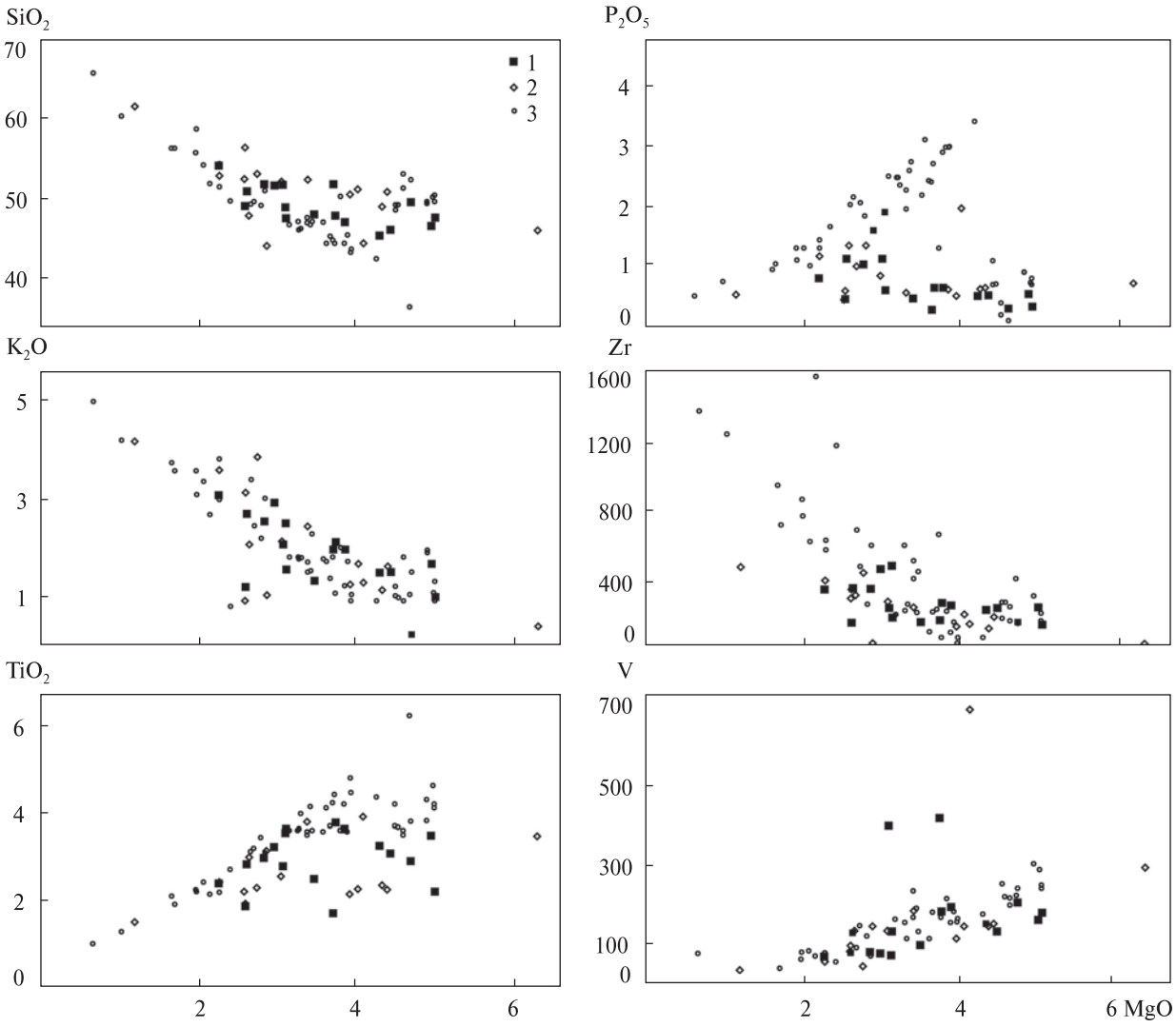

Рис. 4. Вариационные диаграммы для даек коростенского комплекса (*1*). Для сравнения показаны составы контактовых закаленных пород габброидных массивов Коростенского плутона (*2*), а также составы йотунитовых даек анортозитовой провинции Рогаланд, Норвегия (*3*), по данным [43]

Fig. 4. Variation diagrams for dykes of the Korosten plutonic complex (*1*). Chilled margins of the Korosten plutonic complex gabbroic massifs (*2*) and jotunite dykes of the Rogaland anorthosite province, Norway [43] (*3*) are shown for comparison

Yb]$_N$ сравнительно высокая — от 5 до 14. Для даек с наиболее низкими концентрациями РЗЭ европиевая аномалия совершенно не характерна; с ростом содержания РЗЭ растет и глубина отрицательной аномалии, достигая величины 0,55 в наиболее богатых РЗЭ породах.

Нормированная по примитивной мантии диаграмма распределения микроэлементов в коростенских дайках (рис. 3) отличается наличием нескольких четких отрицательных пиков — Th, Nb—Ta, Sr, Tb—Y. Положительные аномалии характерны для K, P и Ti.

На вариационных диаграммах прослеживаются четкие тренды эволюции химического состава пород: с уменьшением содержания MgO закономерно увеличивается содержание SiO_2, K_2O, P_2O_5, Ba, Rb, Zr, Zn, РЗЭ, и уменьшается — Al_2O_3, CaO, Na_2O, Ni, Sr, V (рис. 4). Таким образом, эволюция химического состава даек определяется прежде всего фракционной кристаллизацией плагиоклаза, что приводит к изъятию из расплава компонентов, входящих преимущественно в состав этого минерала (Al_2O_3, CaO, Na_2O, Sr), а также кристаллизацией оливина, что приводит к обеднению остаточного расплава в отношении MgO, Fe, Ni. В то же время в остаточном расплаве накапливаются некогерентные элементы.

Таблица 6. **Изотопный состав Sr, Nd и Pb в дайковых породах коростенского комплекса**
Table 6. **Isotope systematic of Sr, Nd and Pb in dykes of the Korosten plutonic complex**

Sample	Location	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd_{(1760)}$	$\varepsilon Nd_{(1760)}$	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr_{(0)}$	$^{87}Sr/^{86}Sr_{(1760)}$	$\varepsilon Sr_{(1760)}$	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$
4079	Bekhi	0.1195	0.511674 ± 10	0.510291	–1.4	0.6989	0.719929 ± 15	0.70224	–5	17.878	15.568	38.859
1025/51.7	Bilokorovychi	0.1275	0.511852 ± 7	0.510375	0.3	0.2847	0.711080 ± 10	0.70388	19	19.650	15.675	40.521
1053/147.4	Khodurky	0.1155	0.511685 ± 9	0.510317	0.2	0.3519	0.712434 ± 13	0.70353	14	17.606	15.533	37.951
Radovel	Radovel	0.1269	0.511843 ± 8	0.510374	0.3	0.4073	0.714010 ± 7	0.70370	16	18.594	15.618	39.682
06-HB4	Oleksandrivka	0.1130	0.511750 ± 6	0.510442	1.6	0.2789	0.709906 ± 9	0.70285	4	16.351	15.385	36.564
1031/15	Pidluby	0.1267	0.511749 ± 6	0.510282	–1.6	0.2394	0.709741 ± 9	0.70368	16	16.160	15.307	36.643
56/17	Rudnya Ivanivska	N/a	N/a	N/a	N/a	0.2086	0.707858 ± 8	0.70258	0	17.639	15.519	38.327
1028/24	Rudnya Ivanivska	0.1303	0.511879 ± 10	0.510336	0.5	0.7788	0.721890 ± 9	0.70218	–5	18.492	15.665	38.213
У8105	Zvizdal-Zalissya	0.1261	0.511854 ± 21	0.510395	0.7	0.2029	0.708479 ± 8	0.70334	11	17.398	15.493	37.554
45/17	Mykhailivka	0.1392	0.512009 ± 8	0.510397	0.7	0.1380	0.705805 ± 10	0.70231	–4	16.891	15.443	36.444
11K-01	Puhachivka	0.1170	0.511676 ± 3	0.510322	–0.8	0.4818	0.717037 ± 11	0.70485	33	20.167	15.935	38.683
06BG-47	Bondary	0.1128	0.511632 ± 5	0.5103263	–0.7	0.5982	0.725665 ± 6	0.710525	113	17.638	15.521	38.283

Изотопный состав стронция, неодима, свинца и серы. Результаты исследования изотопного состава Sr, Nd и Pb в валовых пробах дайковых пород коростенского комплекса приведены в табл. 6. Все величины пересчитаны на возраст, принятый для удобства равным для всех даек 1760 млн лет. εNd_{1760} варьирует от –1,6 до 1,6. Диапазон вариаций εSr_{1760} несколько больше — от –5 до 19, при этом лишь три образца имеют отрицательные значения этой величины. Два образца отличаются аномально радиогенным изотопным составом стронция (εSr_{1760} = 33 и 113). Корреляция между изотопными составами Sr и Nd отсутствует.

Изотопный состав свинца охватывает широкий диапазон от нерадиогенных ($^{206}Pb/^{204}Pb$ = = 16,2) до сравнительно радиогенных ($^{206}Pb/^{204}Pb$ = 20,2) величин. Хотя данные имеют значительный разброс (табл. 6), на диаграмме они образуют два субпараллельных линейных тренда (рис. 5). Если рассматривать их как линии регрессии, то полученные по ним ^{207}Pb—^{206}Pb значения возраста близки к 1800 млн лет. Измеренные изотопные отношения свинца оказываются как существенно более высокими, так и более низкими, чем типичные для пород основного состава. Для основных пород следовало ожидать отношение $^{206}Pb/^{204}Pb$ в интервале 17,5—18,5, имея в виду обычное значение величины μ в интервале между 7 и 9. Таким образом, изотопный состав свинца некоторых из даек должен был развиваться в среде с низким значением μ, в то время как другие дайки развивались в среде с высоким значением μ. Исходный изотопный состав свинца в момент кристаллизации расплава может быть определен графическим способом (рис. 5). Согласно этим данным, исходные расплавы происходили из источника с изотопным составом свинца, соответствующим орогенному свинцу.

Изотопный состав серы исследован в пиритах, выделенных из габбро-долеритов Белокоровичской и Рудня Ивановской даек. В обоих случаях величина $\delta^{34}S_{CDT}$ составила 2,1. Она близка к изотопному составу серы в сульфидах из анортозитов КП ($\delta^{34}S_{CDT}$ = 1,8—2,8 [20]) и свидетельствует об отсутствии значительного количества "органической" серы в источнике первичных расплавов.

Обсуждение результатов. *Источник первичных расплавов.* Согласно результатам экспериментального изучения ферробазальтовых систем [42], преобладание ильменита над магне-

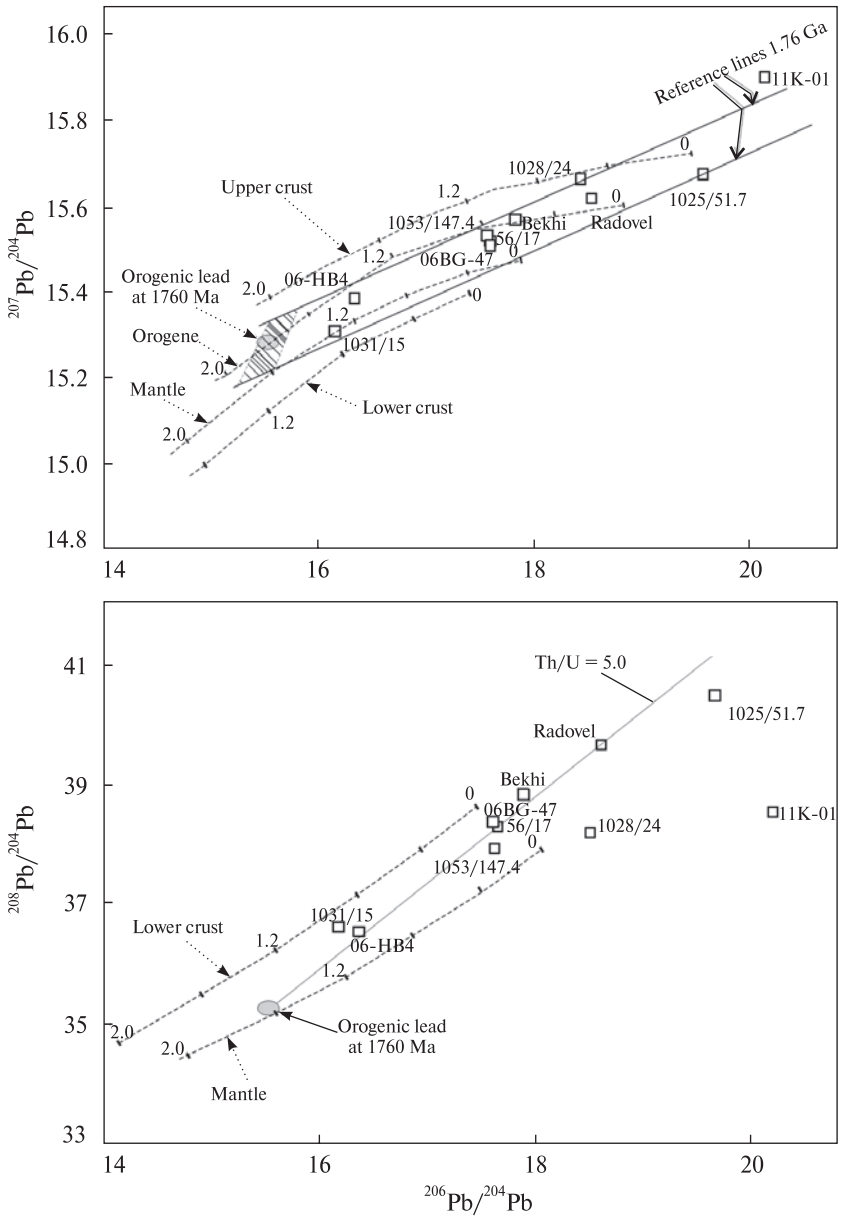

Рис. 5. Pb-Pb изотопная диаграмма для даек коростенского комплекса

Fig. 5. Pb-Pb isotope diagram for dykes of the Korosten plutonic complex

титом, наблюдаемое в дайковых породах, свидетельствует о низкой активности кислорода ($\log_{10} \Delta FMQ \approx -2{,}0$). Кристаллизация таких систем начинается при температурах около 1160 °С с практически одновременного выделения оливина и плагиоклаза, при более низкой температуре к ним присоединяется клинопироксен, а далее — магнетит (при высокой активности кислорода) либо ильменит. Наблюдаемые петрографические соотношения между главными породообразующими минералами подтверждают такую последовательность кристаллизации. Вариации химического состава дайковых пород также указывают на раннюю кристаллизацию плагиоклаза и оливина. Интересно, что подобная последовательность кристаллизации минералов характерна и для габброидных массивов коростенского комплекса [16].

Сравнительно высокая степень фракционирования РЗЭ в дайковых породах позволяет предположить, что основным источником расплавов были гранатсодержащие породы (эклогиты ?). Рост концентрации РЗЭ в породах без изменения соотношения между легкими и тяжелыми РЗЭ происходит вследствие кристаллизационной дифференциации — за счет отсадки минералов, бедных РЗЭ. Четкие негативные Nb—Ta и Th аномалии могли возникнуть либо в результате прямого плавления нижнекорового материала, либо в результате значительной контаминации ман-

тийных базитовых расплавов нижнекоровым материалом.

Согласно результатам изотопных исследований, происхождение первичных расплавов для пород КП может быть объяснено плавлением нижнекорового материала с некоторой добавкой ювенильного мантийного материала [36, 39]. Последний представлен одновозрастными дайками и расслоенными интрузивами толеитовых никеленосных долеритов, широко распространенных как в пределах Северо-Западного района УЩ, так и вблизи Корсунь-Новомиргородского анортозит-рапакивигранитного плутона [9, 10, 41]. В качестве наиболее вероятного источника первичных расплавов авторы работ [36, 39] рассматривают нижнекоровые породы, сформировавшиеся в результате осницкого орогенеза 1980—2000 млн лет тому назад, т. е. за 180—200 млн лет до начала становления коростенского комплекса. Данные об изотопном составе свинца также позволяют предположить преобладание "орогенного" источника первичных расплавов, который, вероятно, соответствует орогенным породам Осницко-Микашевичского вулкано-плутонического пояса.

Коростенские дайки и йотуниты анортозитовых провинций мира и их происхождение. Термин "йотунит" сравнительно редко используется в петрологической литературе. Под йотунитами понимают широкую гамму пород, известных как ферродиориты, монцониты, рудные габбронориты [43]. Очевидно, эффузивными аналогами этих пород являются некоторые из субщелочных базальтов, а субвулканическими — субщелочные долериты. Йотуниты проявляют разнообразие структур — от мелкозернистых однородных до крупнозернистых и расслоенных, и характеризуются широким разнообразием концентраций петрогенных и малых компонентов, а также значительными вариациями составов пироксенов и плагиоклазов [33]. В то же время, йотуниты имеют общие черты, объединяющие их в одну породную группу — высокие значения Ti/V и Ga/Al, умеренная железистость пироксенов, натриевый состав плагиоклазов. Дайки йотунитов распространены в анортозитовой провинции Рогаланд, Норвегия [28], а также в анортозитовых комплексах Гренвилльской провинции [33]. Породы такого состава также обычны в качестве закаленных контактов анортозитовых, лейконоритовых и мангеритовых массивов в анортозитовых (и анортозит-рапакивигранитных) комплексах Норвегии [28, 34, 44], Канады [33], Польши [45] и Украины.

Относительно генезиса йотунитов существуют два основных представления [33, и ссылки в этой работе]: 1 — в результате фракционной кристаллизации более примитивного расплава базальтового либо относительно окисленного "диоритового" состава с комплементарной кристаллизацией анортозитов; 2 — в результате частичного плавления основных пород в нижней коре. Геохимические особенности йотунитов анортозитовой провинции Рогаланд противоречат гипотезе об их "остаточном" происхождении, т. е. о происхождении за счет эволюции более основного магматического расплава [28]. Действительно, отделение от первичного расплава толеитового состава значительного объема плагиоклаза неизбежно должно было бы привести к деплетации остаточного расплава в отношении стронция и к развитию значительной отрицательной европиевой аномалии. В йотунитовых дайковых породах анортозитовой провинции Рогаланд этого не наблюдается. Дайковые породы коростенского комплекса, за редким исключением (рис. 3), также лишены европиевой аномалии.

Как экспериментально показано в работах [43, 44], йотунитовые расплавы не могут быть получены из других, более основных расплавов (например, высокоглиноземистых базальтов) путем фракционной кристаллизации с возможным привлечением коровой контаминации. Таким образом, йотунитовые расплавы представляют собой первичные расплавы для анортозитовой провинции Рогаланд. В этой провинции принято различать "примитивные" йотуниты, близкие к родоначальному расплаву, и "развитые" йотуниты, возникшие в результате длительной эволюции первичных расплавов [43]. На вариационных диаграммах "примитивные" и "развитые" йотуниты провинции Рогаланд образуют два четко различных между собой тренда — "примитивные" йотуниты обогащены MgO, TiO_2, Na_2O и относительно обеднены P_2O_5.

В отличие от йотунитов Рогаланда, дайковые долериты коростенского комплекса образуют единый тренд дифференциации, начинающийся в области "примитивных" йотунитов и заканчивающийся в области "развитых" составов Рогаланда. Таким образом, дайки коро-

стенского комплекса заполняют собой "разрыв" между "примитивными" и "развитыми" йотунитами провинции Рогаланд (рис. 4).

Дайковые породы коростенского комплекса как исходные расплавы для габброидных массивов. Как указано выше, в анортозитовых провинциях мира йотуниты встречаются не только в виде даек, но и нередко образуют закаленные контактовые зоны анортозитовых, габброидных, или же крупных расслоенных массивов. Подобная ситуация наблюдается и в КП — ферромонцодиориты образуют тут не только дайки, но и закаленные контактовые участки многих габброидных массивов. На рис. 4 сопоставлены составы дайковых пород и закаленных контактовых пород коростенского комплекса. Обе группы пород образуют единое поле составов и проявляют одинаковые тенденции эволюции. Изотопные составы стронция, неодима и свинца также идентичны. Все это позволяет с уверенностью утверждать, что дайковые породы коростенского комплекса по составу соответствуют исходным расплавам, из которых кристаллизовались габброидные титаноносные массивы Коростенского плутона. К подобному же выводу пришли и авторы работ [17, 29], показавшие, что исходный расплав Федоровского титаноносного габброидного массива имел "йотунитовый" состав.

Выводы. 1. Дайковые породы, связанные с КП, близки по составу к йотунитовым породам, характерным для протерозойского анортозит-рапакивигранитного магматизма. Их геологическое положение и изотопный возраст свидетельствуют о неоднократном внедрении даек в течении всего интервала формирования КП — между 1800 и 1750 млн лет тому назад.

2. Установлено, что дайки коростенского комплекса распространены как в пределах КП, так и на значительном расстоянии от плутона, что указывает на существенно более широкое площадное развитие магматизма этого типа.

3. Эволюция химического состава даек определяется главным образом фракционной кристаллизацией плагиоклаза и оливина. В остаточном расплаве накапливаются некогерентные элементы. Особенности распределения РЗЭ позволяют предположить, что источником исходных расплавов служили гранатсодержащие породы (эклогиты ?). Распределение микроэлементов указывает на коровое происхождение первичных расплавов.

4. Изотопный состав стронция и неодима в изученных дайках свидетельствует о том, что в источнике исходных расплавов КП присутствовали как мантийный деплетированный компонент, так и нижнекоровый компонент. Данные об изотопном составе свинца указывают на "орогенный" источник первичных расплавов. Изотопный состав серы свидетельствует об отсутствии значительной контаминации исходных расплавов верхнекоровым веществом.

5. По особенностям вещественного состава дайковые породы коростенского комплекса подобны йотунитам, развитым в анортозитовой провинции Рогаланд и других анортозитовых провинциях мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бухарев В.П.* Эволюция докембрийского магматизма западной части Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1992. — 152 с.
2. *Бухарев В.П.*, *Полянский В.Д.* Классификационная и формационная принадлежность габбро-долеритов Волынского блока Украинского щита // Геол. журн. — 1983. — **43**, № 1. — С. 33—44.
3. *Верхогляд В.М.* Возрастные этапы магматизма Коростенского плутона // Геохимия и рудообразование. — 1995. — № 21. — С. 34—47.
4. *Зинченко О.В.*, *Гринченко В.Ф.*, *Добрянский Ю.Е.*, *Лабузный В.Ф.* Геохимические типы даек северо-западной части Украинского щита и некоторые вопросы их стратиграфического положения // Геол. журн. — 1986. — **46**, № 1. — С. 68—76.
5. *Костенко Н.М.*, *Супруненко Н.С.*, *Высоцкий Б.Л.* Петрохимические особенности дайковых базитов северной части Украинского щита // Сов. геология. — 1990. — № 7. — С. 90—95.
6. *Лебединский В.И.* Дайковые породы Житомирской области Украины как составная часть Коростенского плутона // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. — 1952. — Ч. 81, № 4. — С. 303—305.
7. *Личак І.Л.* Дайкові породи західної Волині // Геол. журн. — 1954. — **14**, № 1. — С. 13—25.
8. *Митрохин А.В.*, *Богданова С.В.*, *Шумлянский Л.В.* Полибарическая кристаллизация анортозитов Коростенского плутона (Украинский щит) // Мінерал. журн. — 2008. — **30**, № 2. — С. 36—56.

9. *Митрохин А.В.*, *Вишневская Е.А.*, *Гаценко В.А.*, *Митрохина Т.В.*, *Михальченко И.И.*, *Шумлянский Л.В.* Петрология, геохимия и рудоносность ультрамафитовых даек Новоукраинского дайкового поля (Ингульский мегаблок Украинского щита) // Мінерал. журн. — 2016. — **38**, № 1. — С. 42—57.
10. *Митрохин А.В.*, *Шумлянский Л.В.*, *Вишневская Е.А.* Петрография, геохимия и формационная принадлежность долеритов Бобринецкого дайкового пояса (Ингульский мегаблок Украинского щита) // Мінерал. журн. — 2015. — **37**, № 1. — С. 56—68.
11. *Савченко Н.А.*, *Бернадская Л.Г.*, *Бутурлинов Н.В.*, *Бугаенко В.Н.*, *Семка В.А.*, *Бондаренко В.Г.*, *Плахотный Л.Г.* Палеовулканизм Украины. — Киев : Наук. думка, 1984. — 252 с.
12. *Скобелев В.М.* Петрохимия и геохронология докембрийских образований Северо-Западного района Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1987. — 140 с.
13. *Ткачук Л.Г.* Петрографія Північно-Західної частини Українського кристалічного масиву (Ровенська область). — Львів : Видання Львів. геол. тов-ва, 1948. — 162 с.
14. *Шумлянский Л.В.* Геохимия пород Осницко-Микашевичского вулкано-плутонического пояса // Геохимия. — 2014. — № 11. — С. 912—924.
15. *Шумлянський Л.*, *Петренко О.*, *Омельченко А.* Білокоровицька западина на північному заході Українського щита: геологічна позиція, склад, вік і генезис // Зап. Укр. мінерал. тов-ва. — 2015. — **12**. — С. 8—22.
16. *Шумлянський Л.В.* Варіації хімічного складу силікатних мінералів та апатиту Федорівського апатит-ільменітового родовища, Коростенський плутон // Мінерал. журн. — 2007. — **29**, № 1. — С. 5—22.
17. *Шумлянський Л.В.* Геохімічні та ізотопно-геохімічні особливості порід Федорівського ільменіт-апатитового родовища, Коростенський плутон // Мінерал. журн. — 2010. — **32**, № 3. — С. 72—81.
18. *Шумлянський Л.В.*, *Белоусова О.А.*, *Елмінг С.-О.* Нові відомості про ізотопний вік порід палеопротерозойської габро-долеритової асоціації Північно-Західного району Українського щита // Мінерал. журн. — 2008. — **30**, № 4. — С. 58—69.
19. *Шумлянський Л.В.*, *Богданова С.В.* U-Pb вік цирконів та геохімічні особливості ріолітів Овруцької западини, Північно-Західний район Українського щита // Мінерал. журн. — 2009. — **31**, № 1. — С. 40—49.
20. *Шумлянський Л.В.*, *Загнітко В.М.* Ізотопний вік, геохімічні та мінералогічні особливості пегматитів в анортозитах Володарськ-Волинського масиву, Коростенський плутон // Мінерал. журн. — 2011. — **33**, № 1. — С. 15—29.
21. *Шумлянський Л.В.*, *Мазур М.Д.* Вік та речовинний склад йотунітів Білокоровицького дайкового поясу // Геолог України. — 2010. — № 1—2. — С. 70—78.
22. *Шумлянський Л.В.*, *Митрохин О.В.* U-Pb ізотопний вік цирконів, вилучених з відкладів пугачівської товщі (Волинський мегаблок Українського щита) // Геохімія та рудоутворення. — 2010. — № 28. — С. 76—81.
23. *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. — 144 с.
24. *Щербак Н.П.*, *Артеменко Г.В.*, *Лесная И.М.*, *Пономаренко А.Н.*, *Шумлянский Л.В.* Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. — Киев : Наук. думка, 2008. — 240 с.
25. *Amelin Yu.V.*, *Heaman L.M.*, *Verchogliad V.M.*, *Skobelev V.M.* Geochronological constraints on the emplacement history of an anorthosite-rapakivi granite suite: U-Pb zircon and baddeleyite study of the Korosten complex, Ukraine // Contribs Mineral. and Petrol. — 1994. — **116**. — P. 411—419.
26. *Bleeker W.*, *Ernst R.* Short-lived mantle generated magmatic events and their dyke swarms: the key unlocking Earth's paleogeographic record back to 2.6 Ga // Dyke Swarms-Time Markers of Crustal Evolution / Eds. E. Hanski, S. Mertanen, T. Rämö, J. Vuollo. — Rotterdam : A.A. Balkema Publ., 2006. — P. 3—26.
27. *Bogdanova S.V.*, *Gintov O.B.*, *Kurlovich D.*, *Lubnina N.V.*, *Nilsson M.*, *Orlyuk M.I.*, *Pashkevich I.K.*, *Shumlyanskyy L.V.*, *Starostenko V.I.* Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield (Volgo-Sarmatia) caused by rotations during the assembly of supercontinent Columbia // Lithos. — 2013. — **174**. — P. 196—216.
28. *Duchesne J.C.*, *Roelandts I.*, *Demaiffe D.*, *Weis D.* Petrogenesis of monzonoritic dykes in the Egersund-Ogna anorthosite (Rogaland, S.W. Norway): trace elements and isotopic (Sr, Pb) constraints // Contribs Mineral. and Petrol. — 1985. — **90**. — P. 214—225.
29. *Duchesne J.C.*, *Shumlyanskyy L.*, *Charlier B.* The Fedorivka layered intrusion (Korosten Pluton, Ukraine): an example of highly differentiated ferrobasaltic evolution // Lithos. — 2006. — **89**. — P. 353—376.
30. *Duchesne J.-C.*, *Shumlyanskyy L.*, *Mytrokhyn O.V.* The jotunite of the Korosten Plutonic Complex (Ukrainian shield): crust- or mantle-derived? // Precam. Res. — 2017. — **299**. — P. 58—74. — DOI: https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.07.018
31. *Elming S.-Å.*, *Shumlyanskyy L.*, *Kravchenko S.*, *Layer P.*, *Söderlund U.* Proterozoic Basic dykes in the Ukrainian Shield: a palaeomagnetic, geochronologic and geochemical study — the accretion of the Ukrainian Shield to Fennoscandia // Precam. Res. — 2010. — **178**. — P. 119—135.
32. *Le Maitre R.W.*, *Streckeisen A.*, *Zanettin B.*, *Le Bas M.J.*, *Bonin B.*, *Bateman P.*, *Bellieni G.*, *Dudek A.*, *Efremova S.*, *Keller J.*, *Lameyre J.*, *Sabine P.A.*, *Schmid R.*, *Sørensen H.*, *Woolley A.R.* Igneous rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. — Cambridge : Cambr. Univ. press, 2002. — 236 p.

33. *Owens B.E.*, *Rockow M.W.*, *Dymek R.F.* Jotunites from the Grenville Province, Quebec: petrological characterization and implication for massif anorthosite petrogenesis // Lithos. — 1993. — **30**. — P. 57—80.
34. *Robins B.*, *Tumyr O.*, *Tysseland M.*, *Garmann L.B.* The Bjerkreim-Sokndal Layered Intrusion, Rogaland, SW Norway: Evidence from marginal rocks for jotunite parent magma // Lithos. — 1997. — **39**. — P. 121—133.
35. *Shumlyanskyy L.*, *Billström K.*, *Hawkesworth C.*, *Elming S.-Å.* U-Pb age and Hf isotope compositions of zircons from the north-western region of the Ukrainian shield: mantle melting in response to post-collision extension // Terra Nova. — 2012. — **24**. — P. 373—379.
36. *Shumlyanskyy L.*, *Ellam R.M.*, *Mitrokhin O.* The origin of basic rocks of the Korosten AMCG complex, Ukrainian shield: implication of Nd and Sr isotope data // Lithos. — 2006. — **90**. — P. 214—222.
37. *Shumlyanskyy L.*, *Ernst R.*, *Söderlund U.*, *Billström K.*, *Mitrokhin O.*, *Tsymbal S.* New U-Pb ages for mafic dykes in the Northwestern region of the Ukrainian shield: coeval tholeiitic and jotunitic magmatism // GFF. — 2016. — **138**. — P. 79—85.
38. *Shumlyanskyy L.*, *Ernst R.E.*, *Billström K.*, *Wing B.A.*, *Bekker A.* Age and sulfur isotope composition of the Prutivka intrusion and metallogenetic implications for the 1.78 Ga Prutivka-Novogol large igneous province in Sarmatia // Мінерал. журн. — 2016. — **38**, № 3. — С. 91—101.
39. *Shumlyanskyy L.*, *Hawkesworth C.*, *Billström K.*, *Bogdanova S.*, *Mytrokhyn O.*, *Dhuime B.*, *Claesson S.*, *Ernst R.*, *Whitehouse M.*, *Bilan O.* The origin of the Palaeoproterozoic AMCG complexes in the Ukrainian Shield: new U-Pb ages and Hf isotopes in zircon // Precam. Res. — 2017. — **292**. — P. 216—239.
40. *Shumlyanskyy L.*, *Nosova A.*, *Billström K.*, *Söderlund U.*, *Andréasson P.-G.*, *Kuzmenkova O.* The U-Pb zircon and baddeleyite ages of the Neoproterozoic Volyn Large Igneous Province: implication for the age of the magmatism and the nature of a crustal contaminant // GFF. — 2016. — **138**. — P. 17—30.
41. *Shumlyanskyy L.*, *Mitrokhin O.*, *Billström K.*, *Ernst R.*, *Vishnevska E.*, *Tsymbal S.*, *Cuney M.*, *Soesoo A.* The ca. 1.8 Ga mantle plume related magmatism of the central part of the Ukrainian shield // GFF. — 2016. — **138**. — P. 86—101.
42. *Toplis M.J.*, *Carrol M.R.* An experimental study of the influence of oxygen fugasity on Fe-Ti oxide stability, phase relations, and mineral-melt equilibria in ferro-basaltic systems // J. Petrol. — 1995. — **36**. — P. 1137—1170.
43. *Vander Auwera J.*, *Longhi J.*, *Duchesne J.C.* A Liquid Line of Descent of the Jotunite (Hypersthene Monzodiorite) Suite // J. Petrol. — 1998. — **39**. — P. 439—468.
44. *Vander Auwera J.*, *Bolle O.*, *Bingen B.*, *Liégeois J.P.*, *Bogaerts M.*, *Duchesne J.C.*, *De Waele B.*, *Longhi J.* Sveconorwegian massif-type anorthosites and related granitoids result from post-collisional melting of a continental arc root // Earth Sci. Rev. — 2011. — **107**. — P. 375—397.
45. *Wiszniewska J.*, *Claesson S.*, *Stein H.*, *Vander Auwera J.*, *Duchesne J.-C.* The north-eastern Polish anorthosite massif: petrological, geochemical and isotopic evidence for a crustal derivation // Terra Nova. — 2002. — **14**. — P. 451—460.

Поступила 19.06.2017

REFERENCES

1. Bukharev, V.P. (1992), *Evolution of the Precambrian magmatism in the Western part of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 152 p.
2. Bukharev, V.P. and Polyanskyi, V.D. (1983), *Geol. Journ.*, Vol. 43, No. 1, Kyiv, UA, pp. 33-44.
3. Verkhogliad, V.M. (1995), *Geochem. Ore Formation*, No. 21, Kyiv, UA, pp. 34-47.
4. Zinchenko, O.V., Grinchenko, V.F., Dobryanskyi, Yu.E. and Labuznyi, V.F. (1986), *Geol. Journ.*, Vol. 46, No. 1, Kyiv, UA, pp. 68-76.
5. Kostenko, N.M., Suprunenko, N.S. and Vysotskyi, B.L. (1990), *Soviet geology*, No. 7, Moscow, RU, pp. 90-95.
6. Lebedinskyi, V.I. (1952), *Proceed. All-Union Mineral. Soc.*, Ch. 81, No. 4, Leningrad, RU, pp. 303-305.
7. Lychak, I.L. (1954), *Geol. Journ.*, Vol. 14, No. 1, Kyiv, UA, pp. 13-25.
8. Mytrokhyn, O.V., Bogdanova, S.V. and Shumlyanskyy, L.V. (2008), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 30, No. 2, Kyiv, UA, pp. 36-56.
9. Mytrokhyn, O.V., Vishnevskaya, E.A., Gatsenko, V.A., Mytrokhyna, T.V., Mihalchenko, I.I. and Shumlyanskyy, L.V. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 38, No. 1, Kyiv, UA, pp. 42-57.
10. Mytrokhyn, O.V., Shumlyanskyy, L.V. and Vishnevskaya, E.A. (2015), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 37, No. 1, Kyiv, UA, pp. 56-68.
11. Savchenko, N.A., Bernadskaya, L.G., Buturlinov, N.V., Bugaenko, V.N., Semka, V.A., Bondarenko, V.G. and Plakhotnyi, L.G. (1984), *Palaeovolcanism of Ukraine*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 252 p.
12. Skobelev, V.M. (1987), *Petrochemistry and geochronology of the Precambrian formations of the North-Western region of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 140 p.
13. Tkachuk, L.G. (1948*)*, *Petrography of the North-Western part of the Ukrainian crystalline massif (Rivne region)*, Lviv Geol. Soc. press, Lviv, UA, 162 p.
14. Shumlyanskyy, L.V. (2014), *Geochemistry*, No. 11, pp. 912-924.
15. Shumlyanskyy, L.V., Petrenko, O. and Omelchenko, A. (2015), *Proceed. Ukrainian Miner. Soc.*, Vol. 12, pp. 8-22.
16. Shumlyanskyy, L.V. (2007), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 29, No. 1, Kyiv, UA, pp. 5-22.

17. Shumlyanskyy, L.V. (2010), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 32, No. 3, Kyiv, UA, pp. 72-81.
18. Shumlyanskyy, L.V., Belousova, O.A. and Elming, S-Å. (2008), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 30, No. 4, Kyiv, UA, pp. 58-69.
19. Shumlyanskyy, L.V. and Bogdanova, S.V. (2009), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 31, No. 1, Kyiv, UA, pp. 40-49.
20. Shumlyanskyy, L.V. and Zagnitko, V.M. (2011), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 33, No. 1, Kyiv, UA, pp. 15-29.
21. Shumlyanskyy, L.V. and Mazur, M.D. (2010), *Geologist of Ukraine*, No. 1-2, Kyiv, UA, pp. 70-78.
22. Shumlyanskyy, L.V. and Mytrokhyn, O.V. (2010), *Geochem. Ore Formation*, No. 28, Kyiv, UA, pp. 76-81.
23. Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Bartnitskiy, E.N., Verkhogliad, V.M., Komaristyi, A.A., Lesnaya, I.M., Mitskevich, N.Yu., Ponomarenko, A.N., Skobelev, V.M. and Shcherbak, D.N. (1989), *Geochronological chart of the Precambrian of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 144 p.
24. Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, A.N. and Shumlyanskyy, L.V. (2008), *Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Proterozoic*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 240 p.
25. Amelin, Yu.V., Heaman, L.M., Verkhogliad, V.M. and Skobelev, V.M. (1994), *Contribs Mineral. and Petrol.*, Vol. 116, pp. 411-419.
26. Bleeker, W. and Ernst, R. (2006), *Dyke Swarms-Time Markers of Crustal Evolution*, in Hanski, E., Mertanen, S., Rämö, T. and Vuollo, J. (eds.), A.A. Balkema Publ., Rotterdam, Netherlands, pp. 3-26.
27. Bogdanova, S.V., Gintov, O.B., Kurlovich, D., Lubnina, N.V., Nilsson, M., Orlyuk, M.I., Pashkevich, I.K., Shumlyanskyy, L.V. and Starostenko, V.I. (2013), *Lithos*, Vol. 174, pp. 196-216.
28. Duchesne, J.C., Roelandts, I., Demaiffe, D. and Weis, D. (1985), *Contribs Mineral. and Petrol.*, Vol. 90, pp. 214-225.
29. Duchesne, J.C., Shumlyanskyy, L. and Charlier, B. (2006), *Lithos*, Vol. 89, pp. 353-376.
30. Duchesne, J.-C., Shumlyanskyy, L. and Mytrokhyn, O.V. (2017), *Precam. Res.*, Vol. 299, pp. 58-74, DOI: https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.07.018
31. Elming, S.-Å., Shumlyanskyy, L., Kravchenko, S., Layer, P. and Söderlund, U. (2010), *Precam. Res.*, Vol. 178, pp. 119-135.
32. Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lameyre, J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sørensen, H. and Woolley, A.R. (2002), *Igneous rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations,* Cambr. Univ. Press, Cambridge, 236 p.
33. Owens, B.E., Rockow, M.W. and Dymek, R.F. (1993), *Lithos*, Vol. 30, pp. 57-80.
34. Robins, B., Tumyr, O., Tysseland, M. and Garmann, L.B. (1997), *Lithos*, Vol. 39, pp. 121-133.
35. Shumlyanskyy, L., Billström, K., Hawkesworth, C. and Elming, S.-Å. (2012), *Terra Nova*, Vol. 24, pp. 373-379.
36. Shumlyanskyy, L., Ellam, R.M. and Mitrokhin, O. (2006), *Lithos*, Vol. 90, pp. 214-222.
37. Shumlyanskyy, L., Ernst, R., Söderlund, U., Billström, K., Mitrokhyn, O. and Tsymbal, S. (2016), *GFF*, Vol. 138, pp. 79-85.
38. Shumlyanskyy, L., Ernst, R.E., Billström, K., Wing, B.A. and Bekker, A. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 38, No. 3, pp. 91-101.
39. Shumlyanskyy, L., Hawkesworth, C., Billström, K., Bogdanova, S., Mytrokhyn, O., Dhuime, B., Claesson, S., Ernst, R., Whitehouse, M. and Bilan, O. (2017), *Precambr. Res.*, Vol. 292, pp. 216-239.
40. Shumlyanskyy, L., Nosova, A., Billström, K., Söderlund, U., Andréasson, P.-G. and Kuzmenkova, O. (2016), *GFF*, Vol. 138, pp. 17-30.
41. Shumlyanskyy, L., Mytrokhyn, O., Billström, K., Ernst, R., Vishnevska, E., Tsymbal, S., Cuney, M. and Soesoo, A. (2016), *GFF*, Vol. 138, pp. 86-101.
42. Toplis, M.J. and Carrol, M.R. (1995), *J. Petrol.*, Vol. 36, pp. 1137-1170.
43. Vander Auwera, J., Longhi, J. and Duchesne, J.C. (1998), *J. Petrol.*, Vol. 39, pp. 439-468.
44. Vander Auwera, J., Bolle, O., Bingen, B., Liégeois, J.P., Bogaerts, M., Duchesne, J.C., De Waele, B. and Longhi, J. (2011), *Earth Sci. Rev.*, Vol. 107, pp. 375-397.
45. Wiszniewska, J., Claesson, S., Stein, H., Vander Auwera, J. and Duchesne, J.-C. (2002), *Terra Nova*, Vol. 14, pp. 451-460.

Received 19.06.2017

Л.В. Шумлянський [1], О.В. Митрохин [2], Ж.К. Дюшен [3],
С.В. Богданова [4], Ш. Білстрьом [5], А.М. Омельченко [2], Б. Багінскі [6]
[1] Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: lshumlyanskyy@yahoo.com
[2] Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Навчально-науковий інститут "Інститут геології"
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 90
E-mail: mitr@univ.kiev.ua, alnika@ukr.net
[3] Льєзький університет, відділ геології
B 4000 Сарт-Тільман, м. Льєж, Бельгія
E-mail: jc.duchesne@ulg.ac.be
[4] Лундський університет
223 62, м. Лунд, Швеція, вул. Sölvegatan, 12
E-mail: svebog@yandex.ru
[5] Швецький природознавчий музей
SE-10405, м. Стокгольм, Швеція, Box 50 007
E-mail: kjell.billstrom@nrm.se
[6] Варшавський університет
02-089, м. Варшава, Польща, вул. Звірки і Вігури, 93
E-mail: b.baginski1@uw.edu.pl

ПЕТРОЛОГІЯ ДАЙОК СУБЛУЖНИХ ДОЛЕРИТІВ КОРОСТЕНСЬКОГО КОМПЛЕКСУ, ПІВНІЧНО-ЗАХІДНИЙ РАЙОН УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Серед різноманітних за віком та геохімічними особливостями дайкових порід Північно-Західного району Українського щита чітко виокремлюється група сублужних дайок основного складу, які відносять до ранньопротерозойського (1815—1740 млн рр.) коростенського анортозит-рапаківігранітного комплексу. Геологічні співвідношення дайок сублужних долеритів з породами Коростенського плутону, а також геохронологічні дані вказують на те, що їх вкорінення відбувалося неодноразово — близько 1800, 1760 та 1750 млн рр. тому. Пояси сублужних дайок основного складу розповсюджені також далеко за межами Коростенського плутону, що вказує на значно більше територіальне поширення магматизму цього типу. Головними рисами хімічного складу дайок, що досліджено, є низька магнезіальність (#Mg = 24,5—39), низький вміст SiO_2 (46—54 %), та високий — TiO_2 (1,7—3,8 %), CaO (5—8 %), K_2O (1,0—3,1 %), P_2O_5 (до 1,9 %). Дайки коростенського комплексу вирізняються підвищеним вмістом некогерентних елементів (Rb, Zr, РЗЕ) та дуже низьким — когерентних, перш за все Ni, Cr, Cu, V. Характерним є також низький вміст стронцію. Ступінь фракціонування РЗЕ ($[La/Yb]_N$) є порівняно високим — від 5 до 14. Значення εNd_{1760} в дайках комплексу варіює від −1,6 до 1,6, а εSr_{1760} — від −5 до 19 (за винятком двох проб, що мають значно більш радіогенний ізотопний склад стронцію). Ізотопний склад свинцю охоплює широкий діапазон від нерадіогенних ($^{206}Pb/^{204}Pb$ = 16,2) до радіогенних ($^{206}Pb/^{204}Pb$ = 20,2) значень. Склад породоутворювальних мінералів дайкових порід є близьким до складу мінералів анортозитів головної фази вкорінення Коростенського плутону, що вказує на те, що кумулятивні мінерали анортозитів кристалізувалися з розплавів, подібних за складом до сублужних дайок. Еволюція хімічного складу дайок визначається фракційною кристалізацією плагіоклазу та олівіну. В залишковому розплаві накопичуються компоненти, які входять до складу калієвого польового шпату, а також некогерентні елементи, що входять до складу акцесорних мінералів. Особливості розподілу РЗЕ дають змогу припустити, що джерелом сублужних основних розплавів були гранатвмісні породи (еклогіти ?). Розподіл мікроелементів вказує на корове походження первинних розплавів. За особливостями речовинного складу дайкові породи Коростенського плутону подібні йотунітам, які набули розвитку в анортозитовій провінції Рогаланд та в інших анортозитових провінціях світу.

Ключові слова: сублужні долерити, дайки, палеопротерозой, Український щит.

L.V. Shumlyanskyy [1], *O.V. Mytrokhyn* [2], *J.C. Duchesne* [3],
S.V. Bogdanova [4], *K. Billström* [5], *A.M. Omelchenko* [2], *B. Bagiński* [6],
[1] M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,
Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: lshumlyanskyy@yahoo.com
[2] Taras Shevchenko Kyiv National University
Educational-scientific institute "Institute of Geology"
90, Vasylkivska Str., Kyiv, Ukraine, 03022
E-mail: mitr@univ.kiev.ua, alnika@ukr.net
[3] Liege University, Department of Geology
B-4000 Sart Tilman, Université de Liège, Belgium
E-mail: jc.duchesne@ulg.ac.be
[4] Lund University, Department of Geology
12, Sölvegatan, Lund, Sweden 223 62
E-mail: svebog@yandex.ru,
[5] Swedish Museum of Natural History
Box 50 007, Stockholm, Sweden, SE-10405
E-mail: kjell.billstrom@nrm.se
[6] Warsaw University
93, al. Żwirki i Wigury, Warszawa 02-089, Polska
E-mail: b.baginski1@uw.edu.pl

PETROLOGY OF SUBALKALINE DOLERITE DYKES OF THE KOROSTEN PLUTONIC COMPLEX, THE NORTH-WESTERN REGION OF THE UKRAINIAN SHIELD

The North-Western region of the Ukrainian Shield hosts numerous dykes varying widely in terms of their age and composition. One of the distinguished group of dykes embraces subalkaline basic rocks that belong to the Palaeoproterozoic (1815—1740 Ma) Korosten anorthosite-mangerite-charnockite-granite plutonic complex. Based on geological relationships with rocks of the Korosten complex and geochronological data, it is indicated that dykes were repeatedly emplaced at c. 1800, 1760 and 1750 Ma. Swarms of subalkaline mafic dykes are also found at a large distance from the Korosten plutonic complex that indicates the large areal distribution of igneous activity of this type. In terms of geochemistry, these dykes are characterized by low #Mg (24.5—39), low SiO_2 (46—54 wt. %), and high TiO_2 (1.7—3.8 wt. %), CaO (5—8 wt. %), K_2O (1.0—3.1 wt. %), and P_2O_5 (up to 1.9 wt. %). Dykes of the Korosten complex are enriched in incompatible trace elements (Rb, Zr, REE) and heavily depleted in compatible elements (Ni, Cr, Cu, V), and in strontium. The REE pattern is rather fractionated and $[La/Yb]_N$ varies from 5 to 14. εNd (1760 Ma) ranges from −1.6 to 1.6, while εSr (1760 Ma) varies from −5 to 19, with exception of two dykes that have much more radiogenic Sr isotope composition. The lead isotope composition embraces a wide range from unradiogenic ($^{206}Pb/^{204}Pb = 16.2$) to radiogenic ($^{206}Pb/^{204}Pb = 20.2$) values. The composition of rock-forming minerals in subalkaline dykes is close to that of anorthosites that constitute a major phase of the Korosten plutonic complex. This indicates that cumulative minerals of anorthosites had crystallized from melts that were close in composition to the subalkaline dykes. The evolution of the dyke chemistry is defined by the fractional crystallization of plagioclase and olivine. The residual melt is getting enriched in those components that constitute K-feldspar and in incompatible elements that accumulate in the accessory minerals. The REE patterns suggest that the source of the initial melts for subalkaline mafic dykes contained garnet-bearing rocks (eclogites?). The distribution of trace elements indicates a crustal origin of the primary melts. In terms of their composition, the dyke rocks of the Korosten plutonic complex are similar to jotunites that occur in the Rogaland anorthosite province, and in some other anorthosite provinces worldwide.

Keywords: subalkaline dolerite, dykes, Palaeoproterozoic, the Ukrainian Shield.