

УДК 55 + 552.3 (477)

А.В. Митрохин, Е.В. Билан

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
03022, г. Киев, Украина, ул. Васильковская, 90
E-mail: Mitrokhin.a.v@yandex.ua

ПЕТРОЛОГИЯ "ГИБРИДНЫХ ПОРОД" КОРОСТЕНСКОГО ПЛУТОНА АНОРТОЗИТ-РАПАКИВИГРАНИТНОЙ ФОРМАЦИИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Характерная особенность анортозит-рапакивигранитных комплексов Украинского щита — значительное развитие анортозитов и других габброидов, с которыми ассоциируют так называемые гибридные породы: монцониты, монцонориты, монцогаббро-нориты, монцодиориты и сиениты. Их петрогенезис до сих пор обсуждается с позиций магматической и контактово-метасоматической гипотез. Исследования, проведенные авторами статьи, свидетельствуют о магматическом происхождении гибридных пород в результате смешения (*magma mingling*) высокотемпературной базитовой магмы с более низкотемпературной гранитоидной в жидком или полужидком состоянии. Наиболее важные признаки магматического смешения таковы: 1) геологические условия залегания монцонитоидов и ассоциирующих с ними пород, обусловленные процессами сосуществования и взаимодействия двух контрастных магм; 2) структурно-текстурные особенности и минеральные ассоциации гибридных пород, а также типоморфизм породообразующих минералов, указывающие на высокотемпературные "магматические" условия их кристаллизации; 3) значительная изменчивость минералого-петрографических характеристик гибридных пород, проявляющаяся на незначительном расстоянии и связанная с неравновесностью кристаллизации; 4) минеральный состав гибридных пород, "наследующий" минералогии контактирующих гранитоидов и габброидов; 5) геохимические особенности гибридных пород, отражающие химизм двух взаимодействующих магм.

Ключевые слова: петрология, гибридные породы, монцониты, анортозит-рапакивигранитные комплексы.

Введение. Обычным представителем плутонов анортозит-рапакивигранитной формации (АРГФ) служат так называемые гибридные породы монцонитоидного состава [6]. Ввиду специфики геологической позиции и вещественного состава до сих пор нет единого мнения о петрогенезисе этих своеобразных пород. На заре изучения Коростенского и Корсунь-Новомиргородского плутонов Украинского щита (УЩ) практически все исследователи приписывали монцонитоидам магматическое происхождение, предлагая различные механизмы магматической эволюции для объяснения их петрографических особенностей: кристаллизационную дифференциацию [1, 8, 14], контаминацию или ассимиляцию [2, 12] и, наконец, собственно "гибридизм" [11], под которым подразумевали смешение кислой и основной магм.

С 1970-х гг. достаточно прочно укоренилось мнение о метасоматическом происхождении монцонитоидов, приверженцы которого считают, что эти породы образовались в результате контактово-метасоматического воздействия гранитоидной магмы на полностью закристаллизованные габброиды АРГФ [4, 5, 7, 13]. Следует отметить, что, несмотря на многообразие мнений, абсолютное их большинство носит лишь гипотетический характер и не обеспечено достаточным фактическим материалом. По сравнению с остальными породными разновидностями АРГФ, именно гибридные породы до сих пор остаются наименее изученными во всех отношениях. С одной стороны, на фоне доминирующих рапакиви и анортозитов монцониты просто "теряются" и привлекают внимание лишь наиболее дотошных исследователей. С другой — определенная сложность полевой диагностики затрудняет

© А.В. МИТРОХИН, Е.В. БИЛАН, 2014

выяснение особенностей локализации и условий залегания, а также саму идентификацию и опробование гибридных пород. Тем не менее, всестороннее изучение гибридных пород и определение механизма их формирования могут иметь большое значение для решения целого ряда дискуссионных вопросов, касающихся петрогенезиса АРГФ в целом, а также ее отдельных породных представителей. Немаловажной может оказаться и металлогеническая специализация гибридных пород.

Цель исследований, фактический материал и методы. С целью уточнения геологической позиции, минералого-петрографических и геохимических особенностей гибридных пород АРГФ УЩ, а также выяснения их происхождения авторами статьи были проведены полевые исследования на площади Володарск-Волынского и Федоровского габбро-анортозитовых массивов Коростенского плутона. Были обследованы все ранее описанные выходы гибридных пород и выявлен ряд карьеров, появившихся в последнее время. Собранный каменный материал был всесторонне изучен в лабораториях геологического факультета Киевского национального университета им. Тараса Шевченко с применением методов оптической и электронной микроскопии. Использование прозрачно-полированных шлифов дало возможность их последовательного изучения в проходящем и отраженном свете на поляризационном петрографическом микроскопе, снабженном рудной приставкой для минералогических исследований. В дальнейшем эти же препараты использовались в ходе электронно-микроскопических исследований. Химический состав породообразующих минералов исследован методом электронно-зондового микроанализа на растровом электронном микроскопе *РЕММА-202* с энергодисперсионным рентгеновским спектрометром. Химический состав горных пород (главные петрогенные компоненты и некоторые из микроэлементов) определен методом рентгенофлуоресцентного (*XRF*) анализа, аналитики — В.В. Загородний и А.В. Андреев. *ICP-MS* анализы закалочных габбро-монцонитов выполнены в Льежском университете (Бельгия) при содействии Л.В. Шумлянського, которому авторы выражают свою искреннюю признательность.

Характер локализации и условия залегания гибридных пород. Обычно гибридные породы развиты в области контактов габбро-анорто-

зитовых массивов Коростенского плутона с рапакиви и рапакивиподобными гранитами. При этом для контактов коростенских гранитов с анортозитами гибридные породы не характерны. Как правило, они тяготеют к краевым габброидным интрузиям, обрамляющим габбро-анортозитовые массивы (рис. 1). В отдельных случаях в направлении от габброидов к гранитам устанавливается последовательная смена габбро-монцонитов монцонитами, кварцевыми монцонитами и сиенитами. Именно на эти факты обычно ссылаются сторонники гипотезы о контактово-метасоматическом происхождении монцонитоидов. Тем не менее, новейшие исследования, проведенные авторами данной статьи, ставят под сомнение кажущуюся очевидность таких доводов. Контактные взаимоотношения коростенских гранитов с краевыми габброидными интрузиями устанавливаются в многочисленных блочных карьерах у сел Буки и Добрынь, заложенных вблизи восточной границы Володарск-Волынского массива, а также в крупном щебневом карьере № 31 с. Гранитное [3, 10], расположенном на западном фланге Федоровского габбро-анортозитового массива. Извилистые взаимопроникающие контакты с разветвленными жилородными обособлениями и инъекциями фаялит-геденбергитовых граносиенитов (сиенитов) в габброидах; частично закаленные контакты со стороны габброидов при обычном отсутствии зон закалки в гранитоидах; наличие в гранитоидах магматических базитовых включений с характерной подушечной морфологией и закалочными краями; появление в габброидах овоидных вкраплений щелочного полевого шпата — все это предполагает близко- либо одновременную кристаллизацию и частичное смешение высокотемпературной базитовой и более низкотемпературной гранитной магм [10]. Именно с таким типом контактов связано появление всей гаммы гибридных пород: габбро-монцонитов и монцонитов — со стороны габброидов, а также кварцевых сиенитов и граносиенитов — со стороны гранитов. Следует отметить, что помимо краевых габброидных интрузий, монцониты также могут входить в состав небольших интрузивных тел, внедренных в центральные части габбро-анортозитовых массивов. Одно из таких тел, локализованное в северной части Володарск-Волынского габбро-анортозитового массива, изображено на

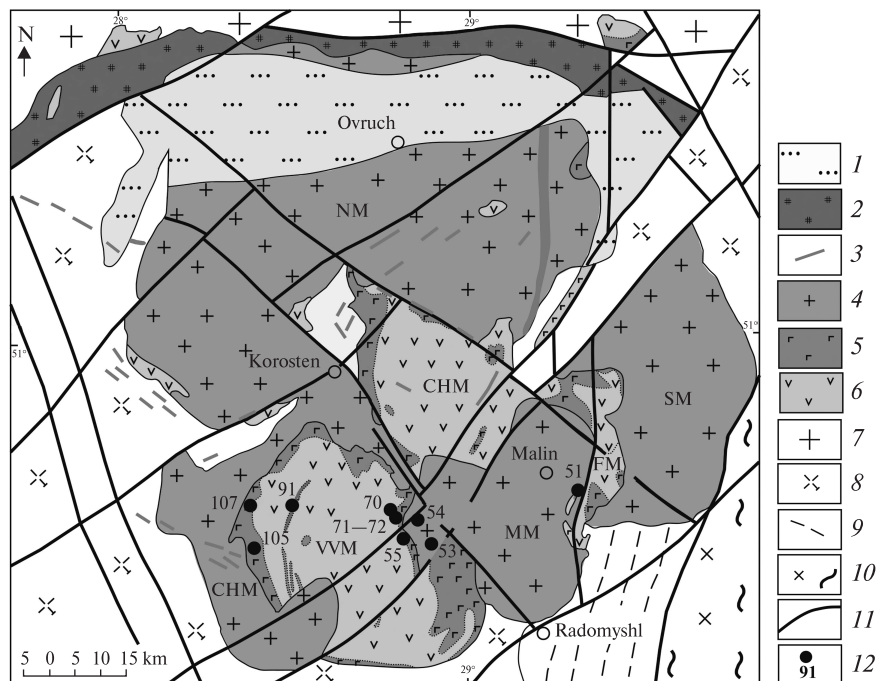


Рис. 1. Геологическое строение Коростенского плутона: 1 — вулканогенно-терригенные отложения овручской, PR_{1-2ov} , и топилянкой, PR_{1tp} , серий; 2 — гранитоиды и метасоматиты пержанского комплекса, PR_{1pz} ; 3—6 — интрузивные образования коростенского комплекса, PR_{1ks} (3 — дайки субщелочных диабазов, габбро-диабазов и плагиопорфиритов, 4 — рапакиви и рапакивиподобные граниты, 5 — габброиды и гибридные породы, 6 — анортозиты и габбро-анортозиты); 7 — гранитоиды осницкого комплекса, PR_{1os} ; 8 — граниты и мигматиты житомирского комплекса, PR_{1zt} ; 9 — метаморфические породы тетеревской серии, PR_{1tt} ; 10 — граниты и мигматиты звенигородского комплекса, AR_{2zv} ; 11 — разломы; 12 — изученные обнажения гибридных пород и их номера. Габбро-анортозитовые массивы Коростенского плутона: VVM — Володарск-Волынский, CHM — Чеповичский, FM — Федоровский; массивы рапакиви: NM — Народичский, CHM — Червоноармейский, MM — Малинский, SM — Сидоровичский

Fig. 1. Geological structure of Korosten pluton: 1 — volcanic-terrigenous rocks of Ovruch, PR_{1-2ov} , and Topilnya, PR_{1tp} , groups; 2 — granites and metasomatites of Perga complex, PR_{1pz} ; 3—6 — intrusive rocks of Korosten complex, PR_{1ks} (3 — dikes of subalkaline diabases, gabbro-diabases and plagioporphyrites, 4 — rapakivi and rapakivi-like granites, 5 — gabbroids and hybrid rocks, 6 — anorthosites and gabbro-anorthosites); 7 — granitoids of Osnytsk complex, PR_{1os} ; 8 — granites and migmatites of Zhytomyr complex, PR_{1zt} ; 9 — metamorphic rocks of Teteriv group, PR_{1tt} ; 10 — granites and migmatites of Zvenigorod complex, AR_{2zv} ; 11 — faults; 12 — examined exposures of hybrid rocks and their numbers. Gabbro-anorthosite massifs of Korosten pluton: VVM — Volodarsk-Volynsky, CHM — Chopovychy, FM — Fedorivka; rapakivi granite massifs: NM — Narodychy, CHM — Chervonoarmiysk, MM — Malin, SM — Sidorovichy

карте (рис. 1). Монцониты этого тела, обнажающиеся в карьере с. Рудня-Гацковка, демонстрируют резкие интрузивные контакты с вмещающими анортозитами, а также типичную кумулятивно-магматическую расслоенность, свойственную дифференцированным интрузивным образованиям.

Минералого-петрографические особенности гибридных пород. По минералого-петрографическим особенностям гибридные породы занимают промежуточное положение между гранитоидами и габброидами. Это лейкократовые плагиоклаз-щелочнополевошпатовые породы с умеренным (до малого) содержанием кварца или без него. Часть из них отвечает принятым

в зарубежной литературе названиям "мангерит" — пироксеновый монцонит, "йотунит" — пироксеновый монцодиорит (монцонорит), "кенталенит" — оливин-пироксеновый монцонит. Согласно нормам Петрографического кодекса Украины (ПКУ), большинство гибридных пород АРГФ следует отнести к семейству монцонитов, некоторые — к семействам монцодиоритов и сиенитов. Отдельного упоминания заслуживают так называемые габбро-монцониты — общеизвестная и достаточно распространенная разновидность гибридных пород АРГФ, до сих пор не нашедшая должного места в классификации и номенклатуре ПКУ. Выделяемый в семействе субщелочных

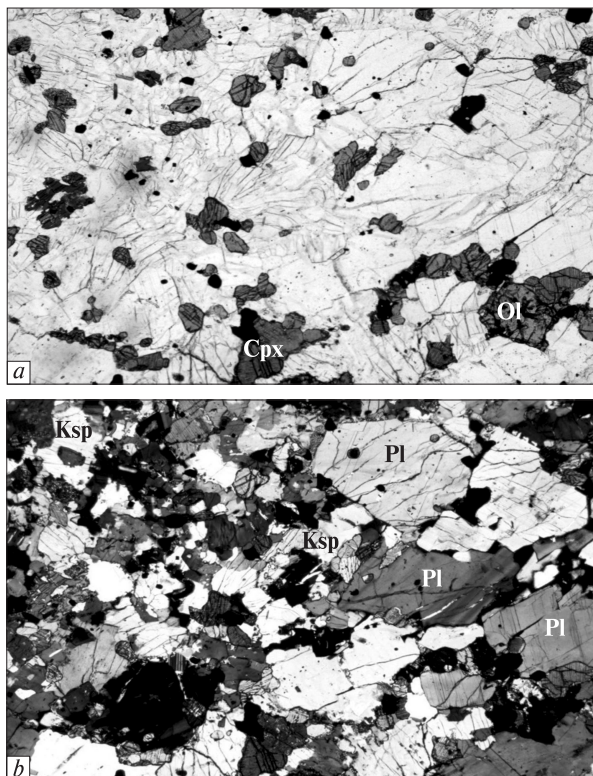


Рис. 2. Микроструктурные особенности монцонитов Коростенского плутона, изображение под поляризационным микроскопом, обр. 72-27: *a* — в одном николе, *b* — в скрещенных николях

Fig. 2. Microtexture peculiarities of monzonites belonging to Korosten pluton. Images of sample 72-27 under the polarized microscope: *a* — in one nicol, *b* — in crossed nicol

габброидов вид "калишпатовое габбро" не охватывает всего разнообразия габбро-монцонитов. Значительную часть из них корректнее было бы именовать "калишпатовые нориты" и "калишпатовые габбро-нориты". Достаточно удобными были бы также наименования "монцогаббро", "монцонориты" и "монцогаббро-нориты". Тем не менее, до окончательного решения этого вопроса Петрографическим комитетом Украины авторы статьи считают возможным в дальнейшем описании использовать прижившийся в отечественной литературе термин "габбро-монцонит".

Большинству гибридных пород свойственна темно-серая окраска с характерным зеленоватым оттенком, выдающим присутствие в породе К-На полевого шпата. Наиболее отчетливо зеленоватый оттенок проявляется в гибридных сиенитах и кварцевых сиенитах. Розовые и желто-коричневые оттенки появляются лишь при наличии постмагматических гидротермальных или гипергенных изменений. В ходе

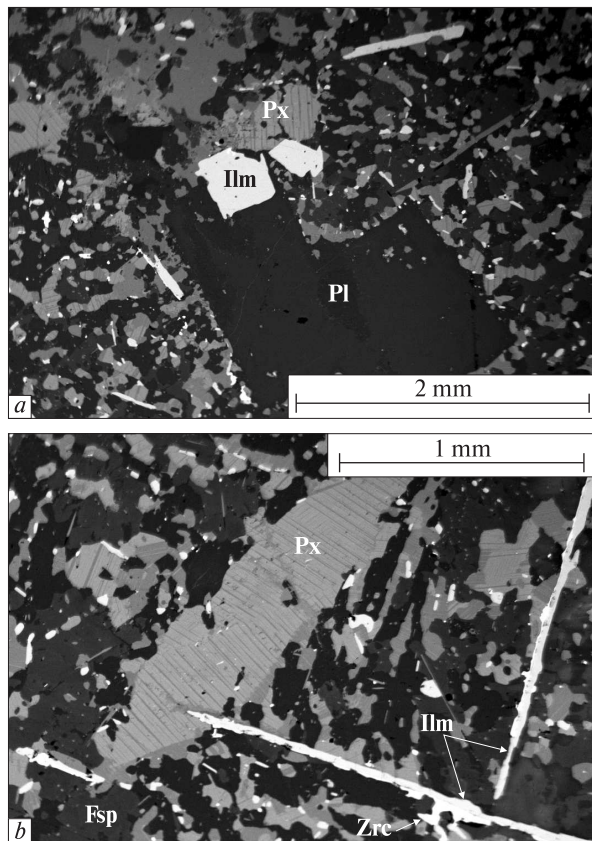


Рис. 3. Микропорфировая структура закалочного габбро-монцонита, изображение под электронным микроскопом, обр. 51-30: *a* — фенокристы зонального плагиоклаза (Pl) в микрозернистой основной массе; *b* — фенокристы инвертированного пижонита (Px) и ильменита (Ilm) в микрозернистой основной массе

Fig. 3. Microporphyritic texture of chilled gabbro-monzonite, the images of sample 51-30 under the electron microscope: *a* — zonal plagioclase phenocrysts (Pl) in the fine-grained matrix; *b* — the phenocrysts of inverted pigeonite (Px) and ilmenite (Ilm) in the fine-grained matrix

полевых исследований габбро-монцониты и монцониты часто принимают за габброиды, гибридные сиениты можно спутать с габброидами, и с гранитами.

Текстура гибридных пород меняется от массивной до такситовой, полосчатой и сетчатопрожилковой. Такситовые текстуры монцонитоидов, обусловленные явлениями магматического смешения, изучены авторами в карьерах у сел Гранитное, Буки, Добрынь, Губенково, Шадура. Во всех перечисленных случаях средне-зернистый до крупно-зернистого кварцевый монцонит (сиенит) содержал многочисленные включения — автолиты, мелкоили даже микрозернистого монцонита (габбро-монцонита). Грубополосчатая текстура, связанная с кумулятивно-магматической рас-

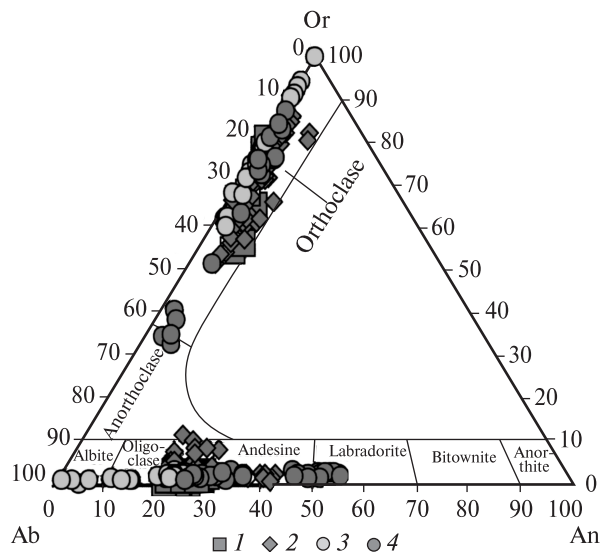


Рис. 4. Химический состав полевых шпатов из гибридных пород Коростенского плутона: 1 — монзонит, обр. 91-1; 2 — габбро-монзонит и монзонит, обр. 71-1м и 72-12; 3 — граносиенит, обр. 51-1; 4 — габбро-монзонит и монзонит, обр. 51-30 и 51-29

Fig. 4. Chemical composition of feldspars from the hybrid rocks of Korosten pluton: 1 — monzonite, sample 91-1; 2 — gabbro-monzonite and monzonite, samples 71-1m and 72-12; 3 — granosyenite, sample 51-1; 4 — gabbro-monzonite and monzonite, samples 51-30 and 51-29

слоенностью монзонитов, впервые описана А.В. Митрохиным в карьере с. Рудня-Гацковка [9]. Полосчатость проявилась благодаря чередованию прослоев средне-крупнозернистого монзонита с разными содержанием мафических минералов и зернистостью.

Структура изученных гибридных пород может меняться от мелко- до средне- и крупнозернистой. Причем монзониты и габбро-монзониты обычно более мелкозернистые, чем ассоциирующие гибридные сиениты. Присутствие вкрапленников плагиоклаза и (или) К-На полевого шпата придает некоторым разностям гибридных пород порфировидную или даже овоидную структуру. Последняя может иметь особенности маргинационной структуры рапакиви. Наряду с гипидиоморфнозернистыми монзонитовыми микроструктурами достаточно часто встречаются микроструктуры коррозионного замещения плагиоклазов щелочными полевыми шпатами, а также оливинов и пироксенов — амфиболами (рис. 2). Закалочные разности габбро-монзонитов, обнаруженные авторами в карьерах у сел Буки и Добрынь, а также в карьере № 31 у с. Гранитное, характеризуются мелкозернистой струк-

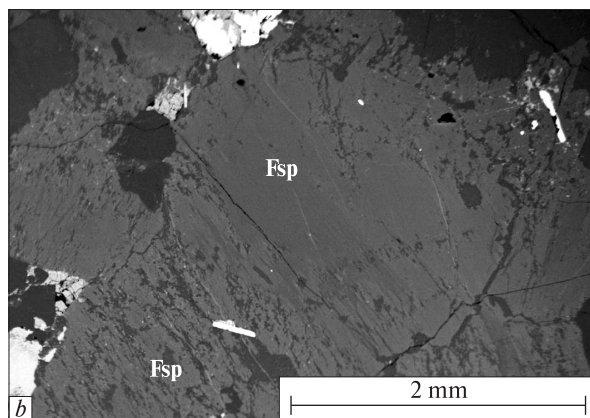
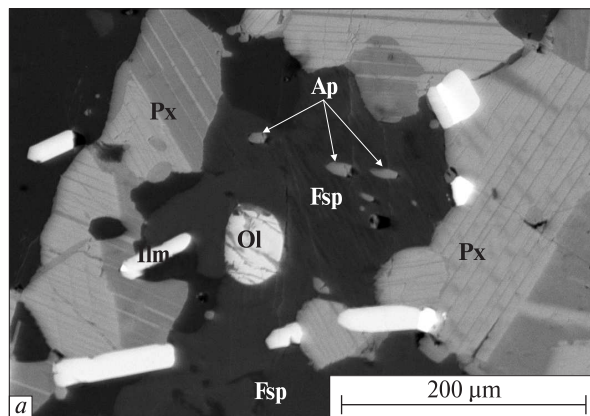


Рис. 5. К-На полевые шпаты (Fsp) из гибридных пород Коростенского плутона, изображение под электронным микроскопом: а — ксеноморфное зерно в основной массе монзонита, содержащее многочисленные пойкилитовые включения апатита (Ap), ильменита (Ilm) и оливина (Ol), обр. 51-29; б — овоидный вкрапленник в граносиените, имеющий гомогенную внутреннюю часть и микропертитовую внешнюю, обр. 51-1

Fig. 5. K-Na feldspars (Fsp) from the hybrid rocks of Korosten pluton. The images under the electron microscope: a — xenomorphic grain in the matrix of monzonite that contain numerous poikilitic inclusions of apatite (Ap), ilmenite (Ilm) and olivine (Ol), sample 51-29; b — ovoid phenocryst in granosyenite with homogenous interior and microperthitic front-end, sample 51-1

турой, напоминающей роговиковую. От последней их отличает микропорфировое строение с фенокристами плагиоклаза, инвертированного пижонита, авгита, ильменита и апатита (рис. 3).

Минеральный состав монзонитов и габбро-монзонитов представлен плагиоклазом, К-На полевым шпатов, орто- и клинопироксеном, оливином, кварцем, амфиболами, биотитом. Обычные аксессуарные минералы — апатит, циркон, ильменит, бадделит. Также зафиксированы Ti-магнетит, ортит, бритоцит, рутил, пи-

Таблица 1. Результаты микрозондового анализа плагиоклазов из гибридных пород Коростенского плутона
 Table 1. Results of electron microprobe analysis of plagioclases from hybrid rocks of Korosten pluton

Sample	91-1			71-1m			72-12			51-29				51-30				51-1					
	147	156	157	161	202	251	287	76	239	121	124	132	160	274	206	221	234	220	88	92	93	94	111
	<i>Weight percents, %</i>																						
SiO ₂	62,33	61,36	64,45	62,26	63,15	62,63	57,72	60,75	59,01	61,11	61,66	60,88	63	56,62	56,67	56,01	60,49	55,98	62,08	67,52	66,15	61,99	65,73
Al ₂ O ₃	23,58	24,56	22,59	23,94	22,85	23,21	26,52	22,66	25,88	24,7	23,73	24,83	23,5	27,14	27,22	27,79	24,87	26,97	23,86	20,9	20,8	23,84	21,76
FeO	0,38	0,25	0,27	0,3	0,06	0,14	0,92	2,87	0,19	0,32	0,67	0,37	0,12	0,14	0,28	0,14	0,19	0,11	0,43	0,13	0,24	0,2	0,33
CaO	4,84	5,68	4,07	5,29	4,09	4,93	8,74	5,69	7,67	5,4	5,25	6,1	4,34	9,15	9,37	10	6,02	11,37	4,24	0,52	2,12	4,8	2,41
Na ₂ O	8,38	7,82	8,4	7,98	9,28	8,66	5,6	7,63	6,95	8,18	8,41	7,55	8,85	6,61	6,17	5,74	8,04	5,22	9,08	10,69	10,43	8,63	9,56
K ₂ O	0,49	0,34	0,22	0,24	0,57	0,44	0,51	0,4	0,3	0,29	0,29	0,26	0,18	0,33	0,3	0,32	0,38	0,35	0,31	0,24	0,26	0,54	0,22
	<i>Formula units on 8 atoms of oxygen</i>																						
K	0,028	0,019	0,012	0,013	0,032	0,025	0,029	0,023	0,017	0,017	0,017	0,015	0,01	0,019	0,017	0,018	0,021	0,02	0,018	0,013	0,015	0,03	0,012
Na	0,721	0,673	0,717	0,685	0,797	0,745	0,488	0,666	0,602	0,705	0,726	0,651	0,758	0,577	0,538	0,501	0,694	0,457	0,781	0,905	0,89	0,743	0,814
Ca	0,23	0,27	0,192	0,251	0,194	0,234	0,42	0,275	0,367	0,257	0,25	0,291	0,206	0,441	0,451	0,482	0,287	0,55	0,202	0,024	0,1	0,228	0,113
Si	2,766	2,723	2,837	2,757	2,799	2,778	2,591	2,735	2,636	2,715	2,744	2,706	2,785	2,548	2,548	2,521	2,695	2,527	2,755	2,949	2,911	2,753	2,886
Al	1,233	1,285	1,172	1,25	1,194	1,213	1,403	1,202	1,363	1,293	1,244	1,301	1,224	1,44	1,443	1,474	1,306	1,435	1,248	1,076	1,079	1,248	1,126
Fe	0,014	0,009	0,01	0,011	0,002	0,005	0,035	0,108	0,007	0,012	0,025	0,014	0,005	0,005	0,011	0,005	0,007	0,004	0,016	0,005	0,009	0,007	0,012
	<i>Minerals, %</i>																						
Or	2,9	2,0	1,3	1,4	3,1	2,5	3,1	2,4	1,7	1,7	1,7	1,6	1,0	1,8	1,7	1,8	2,1	1,9	1,8	1,4	1,5	3,0	1,3
Ab	73,6	70,0	77,9	72,2	77,9	74,2	52,1	69,1	61,1	72,0	73,1	68,0	77,8	55,6	53,5	50,0	69,3	44,5	78,0	96,1	88,6	74,2	86,7
An	23,5	28,1	20,8	26,4	19,0	23,3	44,8	28,5	37,2	26,3	25,2	30,4	21,1	42,5	44,8	48,2	28,6	53,6	20,2	2,5	10,0	22,8	12,0

Примечание. 91-1 — монцит из карьера с. Рудня-Гашковка; 71-1m и 72-12 — габбро-монцит и монцит из карьеров, расположенных на правом берегу р. Добрынька между селами Буки и Добрынь; 51-29 и 51-30 — монцит и габбро-монцит из щебневого карьера № 31 у с. Гранитное; 51-1 — граносиенит из того же карьера.

Note. 91-1 — monzonite from the quarry located near the village Rudnya-Gatskovka; 71-1m and 72-12 — the gabbro-monzonite and monzonite from the quarries located on the right bank of the Dobrynya river between the villages of Bucky and Dobryn; 51-29 and 51-30 — the monzonite and gabbro-monzonite from the quarry No 31 located near the village of Granitne; 51-1 — granosyenite from the same quarry.

рит, пирротин, барит, сфалерит. В гибридных сиенитах и граносиенитах увеличивается содержание щелочных полевых шпатов и кварца за счет уменьшения содержания плагиоклаза и мафических минералов. При этом обычно возрастает роль клинопироксена и амфиболов, но исчезают ортопироксен, Ti-магнетит и бадделейт.

Плагиоклаз преобладает в составе габбро-монцитонитов и монцитонитов, в которых формирует основную массу, а также присутствует в виде фенокристаллов и пертитов. Кроме таблитчатых и призматических индивидов, проявляющих частичный идиоморфизм по отношению ко всем породообразующим минералам, распространены также неправильные, сильно корродированные зерна. В сиенитах плагиоклаз образует пертиты, а также входит в состав основной массы, слагая не более трети объема породы. Химический состав плагиоклазов изменяется от андезин-лабрадора в габбро-монцитонитах до андезина в монцитонитах (рис. 4; табл. 1). Наименьшей основностью обычно характеризуются плагиоклазы из сиенитов, что роднит их с гранитами рапакиви. Впрочем, иногда и в монцитонитах основность плагиоклаза может уменьшаться до олигоклаза. Однако в ядрах некоторых

фенокристаллов она, наоборот, возрастает до лабрадора.

K-Na полевой шпат — второй по распространенности минерал монцитонитоидных пород. Если в монцитонитах и габбро-монцитонитах обычно доминирует плагиоклаз, то в гибридных сиенитах более половины объема породы приходится именно на K-Na полевой шпат. Форма его выделений обычно неправильная с многочисленными пойкилитовыми включениями плагиоклаза и мафических минералов, местами обуславливающими монцитонитовую структуру. Кроме ксеноморфных зерен основной массы, в монцитонитах иногда формируются настоящие овоиды K-Na полевого шпата, морфология и внутреннее строение которых ничем не отличаются от овоидов рапакиви. В основной массе K-Na полевой шпат обычно имеет гомогенную или же микропертитовую структуру. При наблюдении под электронным микроскопом оптически гомогенных зерен может быть обнаружено их криптопертитовое строение (рис. 5). Химический состав K-Na полевых шпатов в гибридных породах, подобно полевым шпатам из рапакиви и рапакиви-подобных гранитов, как правило, характеризуется высоким содержанием альбитовой составляющей (рис. 4; табл. 2). В габбро-мон-

Таблица 2. Результаты микрозондового анализа K-Na полевых шпатов из гибридных пород Коростенского плутона
Table 2. Results of electron microprobe analysis of K-Na feldspars from hybrid rocks of Korosten pluton

Sample	91-1				71-1m					72-12		
Point	163	165	170	174	214	223	237	290	305	144	154	169
	<i>Weight percents, %</i>											
SiO ₂	64,84	64,3	63,48	64,14	62,61	64,24	63,96	63,16	62,99	63,1	63,05	63,97
Al ₂ O ₃	19,6	20,06	19,91	19,77	19,38	20,17	20,19	19,85	21,16	20,64	19,71	19,97
FeO	—	0,42	0,34	0,07	0,36	—	0,21	0,13	0,17	0,88	1,36	0,37
CaO	—	—	—	0,05	1,67	1	0,62	0,21	1,76	1,55	1,78	0,39
Na ₂ O	2,75	1,74	2,17	1,96	1,2	4,39	2,43	1,52	2,81	2,97	3,7	2,12
K ₂ O	11,79	12,35	12,29	12,62	14,78	10,2	12,6	15,13	11,1	10,87	10,39	13,17
	<i>Formula units</i>											
K	0,69	0,724	0,728	0,743	0,876	0,592	0,736	0,893	0,646	0,634	0,609	0,77
Na	0,245	0,155	0,195	0,175	0,108	0,387	0,216	0,136	0,249	0,263	0,329	0,188
Ca	0,000	0,000	0,000	0,002	0,083	0,049	0,031	0,01	0,086	0,076	0,087	0,019
Si	2,972	2,957	2,946	2,961	2,909	2,921	2,926	2,923	2,876	2,886	2,896	2,934
Al	1,059	1,087	1,089	1,076	1,061	1,081	1,089	1,083	1,138	1,113	1,067	1,08
Fe	0,000	0,016	0,013	0,003	0,014	0,000	0,008	0,005	0,007	0,034	0,052	0,014
	<i>Minals, %</i>											
Or	73,8	82,4	78,9	80,8	82,1	57,6	74,9	85,9	65,9	65,2	59,4	78,8
Ab	26,2	17,6	21,1	19,0	10,1	37,6	22,0	13,1	25,4	27,0	32,1	19,2
An	0,0	0,0	0,0	0,2	7,8	4,8	3,2	1,0	8,8	7,8	8,5	1,9

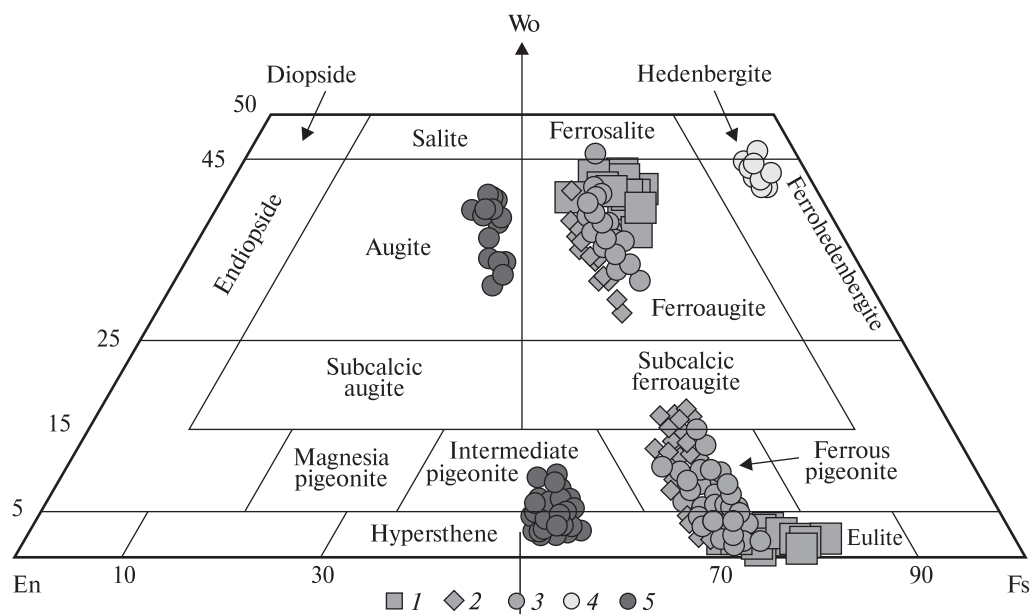


Рис. 6. Химический состав пироксенов из гибридных пород Коростенского плутона: 1 — монзонит, обр. 91-1; 2 — габбро-монзонит и монзонит, обр. 71-1м и 72-12; 3 — габбро-монзонит и монзонит, обр. 51-30 и 51-29; 4 — граносиенит, обр. 51-1; 5 — габбро-норит, обр. 51-6

Fig. 6. Chemical composition of the pyroxenes from the hybrid rocks of Korosten pluton: 1 — monzonite, sample 91-1; 2 — gabbro-monzonite and monzonite, samples 71-1m and 72-12; 3 — gabbro-monzonite and monzonite, samples 51-30 and 51-29; 4 — granosyenite, sample 51-1; 5 — gabbro-norite, sample 51-6

цонитах и монзонитах оно не падает ниже 10 %. Практически все К-На полевые шпаты с содержанием альбитовой компоненты более 20 % встречаются в виде достаточно крупных

относительно однородных участков внутри зерен мезопертитового полевого шпата с низким содержанием альбитового минала. Предполагая реликтовую природу таких участков, мож-

51-1						51-29						51-30		
112	114	121	125	130	131	172	181	189	195	199	269	226	209	216
63,78	63,99	63,98	64,21	63,86	63,05	63,17	63,81	63,83	62,8	63,6	62,95	64,34	58,97	59,15
19,48	20	19,68	19,33	20,08	19,26	19,88	20,04	20,2	19,36	19,65	20,92	20,68	27,52	27,84
0,2	0,1	0,09	0,19	0,2	0,92	0,49	0,34	0,06	0,3	0,39	0,1	0,33	0,97	1
—	0,2	0,44	0,22	0,53	0	0,26	0,5	0,79	—	0,15	1,14	0,5	0,6	0,61
0,63	2,63	3,6	3,25	4,42	0,05	1,42	2,09	5	0,24	1,1	4,56	3,13	6,41	5,79
15,91	13,07	12,22	12,79	10,91	16,72	14,79	13,21	10,12	17,3	15,12	10,33	11,02	5,52	5,6
<i>on 8 atoms of oxygen</i>														
0,939	0,765	0,714	0,749	0,635	0,994	0,872	0,773	0,588	1,031	0,891	0,602	0,639	0,317	0,321
0,057	0,234	0,32	0,289	0,391	0,004	0,127	0,186	0,442	0,022	0,098	0,404	0,276	0,559	0,504
0,000	0,01	0,021	0,011	0,026	0,000	0,013	0,025	0,039	0,000	0,007	0,056	0,024	0,029	0,029
2,95	2,933	2,932	2,947	2,916	2,939	2,921	2,929	2,909	2,932	2,939	2,874	2,923	2,654	2,656
1,062	1,081	1,063	1,046	1,08	1,058	1,084	1,084	1,085	1,065	1,07	1,126	1,107	1,459	1,473
0,008	0,004	0,004	0,007	0,008	0,036	0,019	0,013	0,002	0,012	0,015	0,004	0,013	0,037	0,037
94,3	75,8	67,7	71,4	60,4	99,6	86,2	78,6	55,0	97,9	89,5	56,7	68,1	35,0	37,6
5,7	23,2	30,3	27,6	37,2	0,4	12,5	18,9	41,3	2,1	9,8	38,0	29,4	61,8	59,0
0,0	1,0	2,0	1,0	2,5	0,0	1,3	2,5	3,6	0,0	0,7	5,3	2,6	3,2	3,4

но сделать вывод об изначально высоком содержании натрия в первичном полево шпате, по составу приближающемуся к анортоклазу. Дополнительным подтверждением этого служит установленный с помощью микрозонда анортоклазовый состав полевых шпатов в основной массе закалочных габбро-монцитов. Отметим, что анортоклазовый состав щелочных полевых шпатов можно объяснить высокотемпературными "магматическими" условиями его кристаллизации, но он совершенно не согласуется с гипотетической "калишпатизацией" габброидов, предполагаемой сторонниками контактово-метасоматического происхождения монцитонитов.

Кварц характерен не для всех гибридных пород. Совместно с кварцевыми монцитонитами, монцитонитами и сиенитами встречаются и бескварцевые разновидности. Обычные формы выделения кварца — ксеноморфные зерна в интерстициях всех остальных минералов. Идиоморфные дипирамидальные кри-

сталлы, характерные для рапакиви, в монцитонитовых породах отсутствуют.

Пироксены — наиболее распространенные мафические минералы гибридных пород АРГФ. В монцитонитах и габбро-монцитонитах они представлены ромбическими и моноклинными разновидностями. Формы их выделений и особенности анатомии подобны описанным [9] в габброидах АРГФ. Как и в габброидах, в монцитонитах обычны микроструктуры распада и инверсии высокотемпературных пижонитов и авгитов (рис. 3, 5), служащие характерным признаком магматических пород. Существенно отличается химический состав пироксенов из гибридных пород, характеризующийся заметно большей железистостью, чем состав пироксенов ассоциирующих с ними габброидов (рис. 6; табл. 3, 4). Так, инвертированные пижониты в монцитонитах имеют феррогиперстен-эулитовую матрицу с ферроавгитовыми ламелями. Ферроавгитовый состав имеют и самостоятельные индивиды клинопироксена. В габ-

Таблица 3. Результаты микрозондового анализа низкокальциевых пироксенов из гибридных пород Коростенского плутона
Table 3. Results of electron microprobe analysis of low-Ca pyroxenes from hybrid rocks of Korosten pluton

Sample	91-1				71-1м		72-12		51-29				51-30		51-6		
Point	42	49	82	88	57	64	43	62	7	8	51	58	8	44	22	23	41
<i>Weight percents, %</i>																	
SiO ₂	50,09	49,92	49,34	48,31	47,24	47,55	47,12	47,39	47,41	47,59	47,3	47,01	47,96	47,85	48,35	48,66	48,82
TiO ₂	0,11	0,2	—	0,15	0,02	0,03	0,62	0,12	—	0,14	0,08	0,08	0,15	—	—	—	0,06
Al ₂ O ₃	1,68	1,34	1,71	1,41	1,87	1,76	2,31	2,16	1,48	1,34	1,33	1,09	1,51	1,29	1,91	2,44	1,59
FeO	38,78	38,35	41,61	41,99	38,00	37,19	34,81	38,18	41,24	39,99	38,58	35,63	40,84	36,3	32,76	31,43	30,31
MnO	0,59	0,58	0,81	0,7	0,66	0,50	0,42	0,76	0,36	0,35	0,52	0,34	0,43	0,41	0,41	0,28	0,33
MgO	7,47	8,93	5,74	6,97	9,35	9,76	11,09	9,6	8,08	8,29	8,7	8,92	8,32	10,12	15,01	15,04	16,57
CaO	1,29	0,68	0,79	0,46	2,86	3,20	3,63	1,79	1,42	2,32	3,48	6,93	0,8	4,03	1,56	2,14	2,32
<i>Formula units on 6 atoms of oxygen</i>																	
Ca	0,06	0,03	0,04	0,02	0,125	0,139	0,156	0,078	0,063	0,102	0,153	0,303	0,035	0,175	0,066	0,09	0,097
Mg	0,45	0,54	0,35	0,43	0,568	0,591	0,665	0,582	0,496	0,507	0,531	0,543	0,508	0,611	0,884	0,88	0,966
Mn	0,02	0,02	0,03	0,02	0,023	0,017	0,014	0,026	0,013	0,012	0,018	0,012	0,015	0,014	0,014	0,009	0,011
Fe ⁺²	1,31	1,29	1,42	1,44	1,296	1,263	1,171	1,298	1,419	1,371	1,322	1,217	1,398	1,23	1,082	1,032	0,992
Ti	0,00	0,01	0,00	0,01	0,001	0,001	0,019	0,004	0,000	0,004	0,002	0,002	0,005	0,000	0,000	0,000	0,002
Al	0,08	0,06	0,08	0,07	0,09	0,084	0,11	0,104	0,072	0,065	0,064	0,053	0,073	0,062	0,089	0,113	0,073
Si	2,02	2,01	2,02	1,99	1,926	1,931	1,895	1,927	1,951	1,951	1,938	1,92	1,963	1,938	1,91	1,91	1,91
<i>Minals, %</i>																	
Wo	3,10	1,50	1,90	1,00	6,2	6,9	7,8	3,9	3,2	5,1	7,6	14,6	1,8	8,6	3,2	4,5	4,7
En	24,50	28,60	19,10	22,30	28,2	29,4	33,2	29,3	24,9	25,5	26,2	26,2	26,0	30,1	43,2	43,8	46,8
Fs	72,40	69,90	79,00	76,70	65,6	63,7	59,1	66,7	71,9	69,4	66,2	59,2	72,2	61,3	53,6	51,8	48,5

Примечание. Для сравнения приведены анализы пироксенов из габбро-норита, отобранного в щебневом карьере № 31 у с. Гранитное, обр. 51-6.

Note. For comparison the authors give some analysis of pyroxenes from gabbro-norite sampled in the quarry No 31 near the village of Granitne, sample 51-6.

бро-монцонитах железистость пироксенов несколько падает, не достигая, однако, значений, присущих габброидам. В гибридных сиенитах и граносиенитах, в отличие от монцитов и габбро-монцитов, пироксен представлен только моноклинной разновидностью — феррогеденбергитом, химически подобным ранее выявленному авторами в рапакиви [10]. Отмеченные отличия в химизме пироксенов из гибридных пород и ассоциирующих с ними габброидов не позволяют рассматривать эти минералы в качестве реликтовых, как это обычно делают сторонники контактово-метасоматического происхождения монцититоидов.

Оливин, подобно кварцу, встречается не во всех разновидностях изученных гибридных пород. Его содержание достаточно редко превышает 5 %, что необходимо для выделения самостоятельных оливиновых видов монцитов и сиенитов. Как правило, оливин ассоциирует с пироксенами, образуя субидио- и ксеноморфные включения в них (рис. 7). Обычным является замещение оливина вторичными минералами: иддингситом, боулингитом и грюнеритом. Железистость оливинов возрастает от габбро-монцитов к монцитонитам, достигая максимума в гибридных сиенитах и граносиенитах (табл. 5).

Роговой обманки, как правило, меньше, чем пироксенов, во многих случаях она отсутствует. Для нее характерны скелетные ойкокристаллы с пойкилитовыми включениями плагиоклаза, пироксена, калишпата и ильменита. Нередко она реакционно замещает пироксен (рис. 7). Железистость роговых обманок закономерно увеличивается от монцитов ($X_{Fe} = 0,76$) к гибридным сиенитам ($X_{Fe} = 0,93-0,99$).

Биотит в гибридных породах количественно подчинен остальным мафическим минералам. Содержание его редко превышает 3 % и почти никогда не достигает 5. В габбро-монцонитах биотит чаще всего формирует прерывистые оболочки вокруг Fe-Ti оксидно-рудных минералов, кристаллизуясь в виде тонких пластинок с рваными торцевыми частями. Железистость биотитов закономерно возрастает от габбро-монцитов ($X_{Fe} = 0,42-0,52$) к монцитонитам ($X_{Fe} = 0,71-0,72$).

Обычные рудные и акцессорные минералы гибридных монцитонитов и сиенитов — ильменит, Ti-магнетит, апатит, циркон, бадделейт.

Ильменит — наиболее распространенный Fe-Ti оксидно-рудный минерал всех изученных

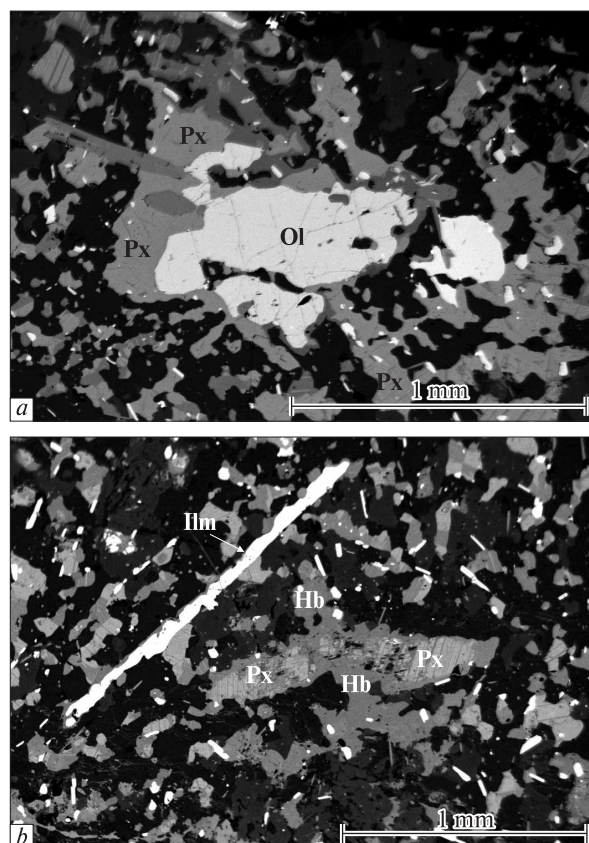


Рис. 7. Мафические минералы монцитонитов Коростенского плутона, изображение под электронным микроскопом: *a* — оливин (Ol) проявляет частичный идиоморфизм по отношению к пироксену (Px), обр. 51-30; *b* — роговая обманка (Hb), замещающая пироксен (Px), обр. 51-29

Fig. 7. Mafic minerals from the monzonitoids of Korosten pluton. The images under the electron microscope: *a* — olivine (Ol) displays the partial idiomorphism toward to pyroxene (Px), sample 51-30; *b* — hornblende (Hb) replaces pyroxene (Px), sample 51-29

образцов гибридных пород. Иногда его содержание может достигать бедных промышленных концентраций. В основном он кристаллизуется в виде идиоморфных гексагональных пластинок, а также скелетных форм (рис. 3, 5), иногда образует эксклюзионные пластинчатые включения в Ti-магнетите. Последний встречается реже ильменита и обычно количественно подчинен ему. Тем не менее, титаномагнетит совместно с ильменитом служит характерным рудным минералом в монцитонитах восточного фланга Володарск-Волынского массива. В отличие от ильменита чаще присутствует в виде ксеноморфных зерен со своеобразными ламелярными структурами распада. Показательно, что в гибридных породах, связанных с габброидами Федоровского

Таблица 4. Результаты микрозондового анализа высококальциевых пироксенов из гибридных пород Коростенского плутона
Table 4. Results of electron microprobe analysis of high-Ca pyroxenes from hybrid rocks of Korosten pluton

Sample	91-1				71-1м				72-12		51-29		51-30		
Point	128	129	136	138	29	31	32	36	273	300	71	85	74	96	99
<i>Weight percents, %</i>															
SiO ₂	50,59	48,27	49,92	48,95	49,03	49,10	48,90	49,04	49,82	50,21	49,77	49,47	49,04	49,24	49,61
TiO ₂	0,15	1,28	0,18	0,18	0,37	0,27	0,48	0,38	0,41	—	0,25	0,25	—	0,03	0,13
Al ₂ O ₃	2,45	3,39	2,3	3,05	1,90	2,11	2,37	2,13	2,27	2,11	1,95	1,99	1,55	1,68	1,7
FeO	19,6	22,69	20,21	23,39	21,45	26,54	22,45	23,52	20,05	18,45	21,59	21,66	26,89	25,48	22,83
MnO	0,38	0,34	0,43	0,35	0,31	0,35	0,33	0,37	0,25	0,12	0,08	0,12	0,2	0,3	0,07
MgO	8,15	7,16	7,05	6,13	8,70	8,77	8,43	8,23	9,99	9,54	7,56	7,86	7,63	7,77	7,81
CaO	18,68	16,86	19,91	17,95	18,23	12,86	17,04	16,32	17,21	19,57	18,79	18,65	14,69	15,51	17,84
<i>Formula units on 6 atoms</i>															
Ca	0,777	0,711	0,835	0,76	0,768	0,545	0,718	0,689	0,716	0,812	0,79	0,785	0,627	0,659	0,753
Mg	0,471	0,42	0,411	0,361	0,51	0,517	0,494	0,484	0,578	0,551	0,442	0,46	0,453	0,459	0,459
Mn	0,013	0,011	0,014	0,012	0,01	0,012	0,011	0,012	0,008	0,004	0,003	0,004	0,007	0,01	0,002
Fe ⁺²	0,636	0,747	0,662	0,773	0,705	0,878	0,738	0,776	0,651	0,598	0,709	0,712	0,896	0,845	0,752
Ti	0,004	0,038	0,005	0,005	0,011	0,008	0,014	0,011	0,012	0,000	0,007	0,007	0,000	0,001	0,004
Al	0,112	0,157	0,106	0,142	0,088	0,098	0,11	0,099	0,104	0,096	0,09	0,092	0,073	0,079	0,079
Si	1,963	1,9	1,954	1,935	1,927	1,942	1,923	1,934	1,934	1,945	1,953	1,943	1,954	1,953	1,954
<i>Minerals, %</i>															
Wo	41,0	37,6	43,4	39,9	38,5	27,9	36,6	35,1	36,7	41,3	40,6	40,0	31,6	33,4	38,3
En	24,8	22,2	21,4	18,9	25,6	26,5	25,2	24,7	29,6	28,0	22,7	23,5	22,8	23,3	23,3
Fs	34,2	40,1	35,2	41,2	35,9	45,6	38,2	40,2	33,7	30,6	36,6	36,5	45,5	43,3	38,4

Таблица 5. Результаты микрозондового анализа оливинов из гибридных пород Коростенского плутона
Table 5. Results of electron microprobe analysis of olivines from hybrid rocks of Korosten pluton

Sample	91-1					51-29						51-30		51-6	
Point	1	2	71	77	78	4	9	10	39	40	44	15	31	1	4
<i>Weight percents, %</i>															
SiO ₂	31,4	31,81	32,09	31,97	31,65	30,96	30,96	31,53	30,74	30,77	31,03	32,35	32,4	32,38	32,82
FeO	63,99	63,3	62,67	64,4	64,13	65,86	63,59	63,48	64,81	64,53	63,25	61,16	63,43	55,6	54,2
MnO	1,45	1,4	1,19	1,05	0,92	0,55	0,71	0,54	0,62	0,64	0,52	0,58	0,54	0,34	0,32
MgO	3,16	3,49	3,91	2,47	3,07	2,47	4,67	4,36	3,67	4,02	5	5,82	3,63	11,69	12,66
CaO	—	—	0,14	0,11	0,23	0,16	0,08	0,09	0,16	0,02	0,2	0,09	—	—	—
<i>Formula units on 4 atoms</i>															
Mg	0,154	0,169	0,189	0,120	0,149	0,121	0,227	0,211	0,180	0,196	0,242	0,277	0,175	0,540	0,580
Fe	1,751	1,722	1,696	1,759	1,751	1,816	1,733	1,724	1,779	1,769	1,719	1,635	1,715	1,442	1,394
Mn	0,040	0,039	0,033	0,029	0,025	0,015	0,020	0,015	0,017	0,018	0,014	0,016	0,015	0,009	0,008
Ca	0,000	0,000	0,005	0,004	0,008	0,006	0,003	0,003	0,006	0,001	0,007	0,003	0,000	0,000	0,000
Si	1,027	1,035	1,039	1,044	1,033	1,021	1,009	1,024	1,009	1,008	1,008	1,034	1,047	1,004	1,009
<i>Minerals, %</i>															
Fo	8,1	8,9	10,0	6,4	7,8	6,2	11,6	10,9	9,2	10,0	12,3	14,5	9,3	27,2	29,4
Fa	91,9	91,1	90,0	93,6	92,2	93,8	88,4	89,1	90,8	90,0	87,7	85,5	90,7	72,8	70,6

51-30		51-6			51-1			
105	68	37	38	24	25	34	35	
50,04	51,14	50,81	50,91	48,66	48,74	48,61	48,7	
—	0,23	0,06	—	0,26	—	0,1	0,15	
1,76	2,4	2,03	2,44	1,56	1,56	1,96	1,81	
21,05	15,8	16,27	16,08	28,55	27,91	28,74	28,86	
0,17	0,03	0,12	0,22	0,23	0,29	0,24	0,26	
7,45	11,11	11,56	11,16	1,49	1,34	1,58	1,3	
19,53	19,29	19,15	19,2	19,25	20,16	18,76	18,93	
<i>of oxygen</i>								
0,821	0,788	0,785	0,786	0,84	0,879	0,817	0,826	
0,436	0,632	0,66	0,636	0,09	0,081	0,096	0,079	
0,006	0,001	0,004	0,007	0,008	0,01	0,008	0,009	
0,69	0,504	0,521	0,514	0,972	0,95	0,977	0,982	
0,000	0,007	0,002	0,000	0,008	0,000	0,003	0,005	
0,082	0,108	0,092	0,11	0,075	0,075	0,094	0,087	
1,963	1,95	1,945	1,946	1,981	1,984	1,977	1,982	
42,0	40,9	39,8	40,5	44,0	45,8	43,0	43,6	
22,3	32,8	33,5	32,7	4,7	4,2	5,1	4,2	
35,6	26,2	26,6	26,8	51,3	50,0	51,9	52,3	

51-6		51-1					
8	9	5	6	7	15	17	18
32,58	32,55	31,43	31,47	31,14	31,14	31,3	30,74
56,87	58,6	66,45	66,57	67,59	67,51	66,6	67,3
0,45	0,59	1,11	1,08	0,93	0,98	0,88	0,97
10,1	8,25	0,86	0,75	0,27	0,26	1,13	0,9
—	—	0,15	0,13	0,08	0,11	0,08	0,09
<i>of oxygen</i>							
0,470	0,388	0,042	0,037	0,013	0,013	0,056	0,045
1,485	1,545	1,840	1,844	1,883	1,881	1,844	1,876
0,012	0,016	0,031	0,030	0,026	0,028	0,025	0,027
0,000	0,000	0,005	0,005	0,003	0,004	0,003	0,003
1,017	1,026	1,041	1,042	1,037	1,037	1,036	1,024
24,0	20,1	2,2	2,0	0,7	0,7	2,9	2,3
76,0	79,9	97,8	98,0	99,3	99,3	97,1	97,7

габбро-анортозитового массива, Ti-магнетит не установлен.

Апатит наиболее распространен среди акцессорных минералов. Зачастую по содержанию его можно относить к второстепенным минералам, которые могут представлять промышленный интерес. Наиболее обычны микроскопические игольчатые, до волосовидных, кристаллы апатита, пойкилитово включенные во все остальные минералы, с характерными продольными каналами, ориентированными по оси [0001].

Циркон также достаточно широко распространен среди акцессорных минералов гибридных пород. Можно предположить, что монзониты и гибридные сиениты, как и гранитоиды коростенского комплекса, служат важным источником поступления циркона в россыпи. Обычно циркон образует микроскопические идиоморфные кристаллы столбчатого габитуса, реже — ксеноморфные оторочки вокруг Fe-Ti оксидно-рудных минералов (рис. 3).

Наличие бадделеита в анортозитах и габброидах Коростенского плутона отмечено многими исследователями. В гибридных породах он обнаружен впервые. Электронно-микроскопические и микрозондовые исследования, выполненные авторами статьи, продемонстрировали, что этот минерал обычен для габбро-монзонитов и монзонитов, включая кварцсодержащие разности последних, где образует микроскопические включения в ильмените, а также каймы на ильмените и Ti-магнетите. Редкая ассоциация бадделеита с цирконом и кварцем предполагает неравновесность кристаллизации этих минералов.

Геохимия гибридных пород. Особенности минерального и химического состава породообразующих минералов определяют специфику геохимии гибридных пород Коростенского плутона. При содержаниях SiO₂, промежуточных между характерными для гранитоидов и базитов плутона, суммарная щелочность в гибридных породах достигает гранитной, а в некоторых случаях и превышает ее (рис. 8). Но коэффициент алкальности (K + Na)/Al всегда меньше единицы, что свидетельствует об отсутствии в их составе фельдшпатоидов, щелочных пироксенов и амфиболов. Суммарная железистость Fe/(Fe + Mg) изменяется в пределах 0,70—0,95, отражая высокодифференцированный железистый состав мафических

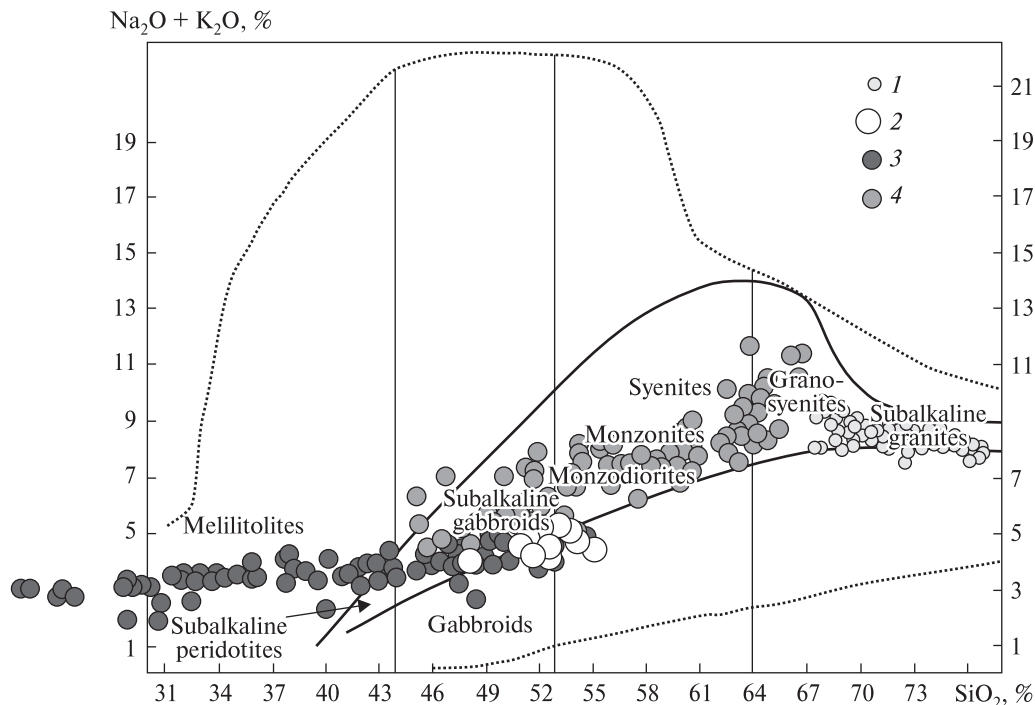


Рис. 8. Положение гибридных пород и остальных породных разновидностей Коростенского плутона на классификационной диаграмме $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$: 1 — рапакиви и рапакивиподобные граниты; 2 — анортозиты и габбро-анортозиты; 3 — мезократовые габброиды и ультрамафиты, в том числе рудные; 4 — гибридные породы. Классификационные поля проведены в соответствии с Петрографическим кодексом Украины

Fig. 8. Hybrid rocks and other rock varieties of Korosten pluton on classification diagram $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$: 1 — rapakivi and rapakivi-like granites; 2 — anorthosites and gabbro-anorthosites; 3 — mesocratic gabbroids and ultramafic rocks including ore varieties; 4 — hybrid rocks. The classification fields are depicted accordantly to Petrographic Code of Ukraine

минералов гибридных пород. В отличие от среднего состава монцонитов других формационных типов, монцониты Коростенского плутона содержат больше TiO_2 , FeO и P_2O_5 , но меньше MgO и CaO , при близком содержании SiO_2 (табл. 6). В сравнении с кларками для средних пород, они обогащены P, Ti, Co, Sr, Zr, Nb, Ta, Mo, Ba, Hf, но обеднены Rb, Pb, Th. Важную информацию о материнских расплавах гибридных пород дает химический состав закалочных габбро-монцонитов Коростенского плутона (табл. 7). Соотношение SiO_2 , Na_2O и K_2O в них соответствует калиевым трахибазальтам — шошонитам. Тем не менее, по сравнению с современными континентальными трахибазальтами шошонит-латитовой серии, имеющими, по мнению многих исследователей, мантийные источники магмогенерации, материнские расплавы изученных гибридных пород характеризуются целым рядом отличий. Так, даже их наиболее основные различия характеризуются чрезвычайно низкой магнезиальностью и обедненностью совместимыми

микроэлементами — Cr, Ni, Co. Принимая во внимание отрицательное значение $\epsilon\text{Nd} = -1,25$, зафиксированное в одном из изученных образцов закалочных габбро-монцонитов [9], это свидетельствует, как минимум, о значительном вкладе коровых источников в магмогенерацию гибридных пород Коростенского плутона. По отношению к среднему составу континентальной коры закалочные габбро-монцониты в той или иной степени обогащены почти всеми несовместимыми элементами, за исключением Th и Sr, демонстрирующих на спайдер-диаграммах глубокие минимумы (рис. 9). Помимо них в ряду "несовместимости" наблюдаются достаточно отчетливые отрицательные аномалии Ta и Hf. В то же время для Ba, Nb и особенно P характерно обогащение по отношению к ближайшим по несовместимости элементам. В целом конфигурация спайдер-диаграмм закалочных габбро-монцонитов сходна с полученной для закалочных разновидностей габброидов коростенского комплекса [9]. Главные отличия — отмеченный

Рис. 9. Спайдер-диаграмма распределения несовместимых элементов в закалочных габбро-монзонитах Коростенского плутона, нормированная к среднему составу континентальной коры

Fig. 9. Spider-diagram for distribution of incompatible elements in chilled gabbro-monzonites of Korosten pluton normalized to the average continental crust

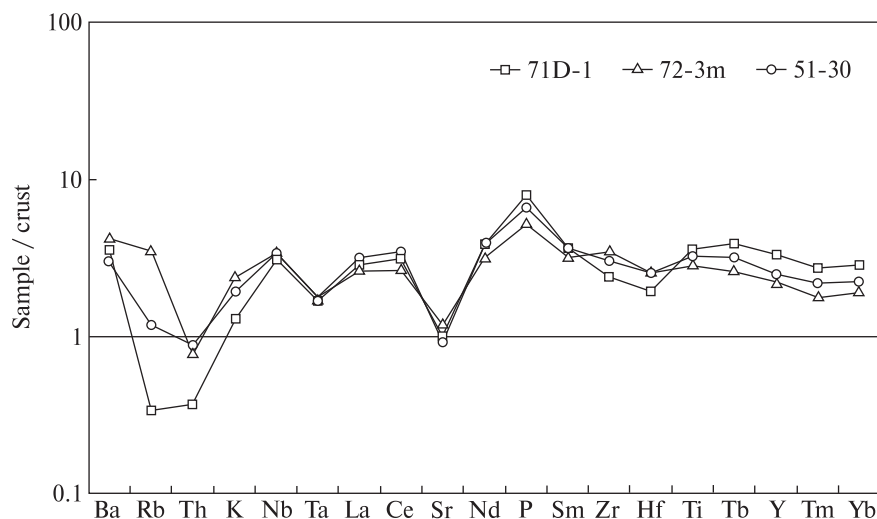


Таблица 6. Результаты XRF анализа гибридных пород Коростенского плутона

Table 6. Results of XRF analysis of hybrid rocks of Korosten pluton

Sample	71-1m	51-3	51-29	91-1	72-12	72-6m	71-1ma	72-12a	71-10	51-27	71-9	51-1
<i>Weight percents, %</i>												
SiO ₂	50,02	52,39	54,39	55,54	55,97	59,52	60,77	62,50	62,67	63,48	64,79	67,91
TiO ₂	2,90	2,30	2,43	1,29	2,15	1,47	0,70	1,36	0,64	0,70	0,38	0,53
Al ₂ O ₃	12,03	14,52	13,91	15,71	15,35	15,20	19,78	13,63	17,65	16,62	17,74	14,17
FeO _t	16,64	12,62	12,07	12,45	9,36	9,12	5,12	8,31	4,77	6,25	2,73	5,23
MnO	0,22	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,07	0,14	0,06	0,10	0,04	0,08
MgO	2,30	1,61	1,54	0,43	2,26	1,48	0,49	1,53	0,33	0,26	0,29	0,21
CaO	6,35	5,27	5,16	5,43	5,10	4,03	3,09	3,19	3,07	3,14	2,47	2,52
Na ₂ O	3,38	3,73	3,54	3,92	3,54	3,22	4,66	2,89	5,50	4,30	4,33	2,62
K ₂ O	2,66	3,96	4,14	4,08	3,94	4,68	4,38	5,21	4,67	4,16	5,90	5,48
P ₂ O ₅	1,38	1,38	1,47	0,51	1,10	0,46	0,22	0,39	0,21	0,18	0,16	0,09
S	0,55	0,41	0,10	0,09	0,01	0,08	0,03	0,05	0,03	0,04	0,01	0,02
Cl	0,01	0,01	0,05	0,09	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03	0,04	0,00	0,02
H ₂ O ⁻	0,02	0,05	0,37	—	0,10	0,10	0,01	0,12	—	0,30	0,21	0,32
LOI	1,13	1,22	0,30	—	0,56	0,09	0,27	0,27	—	0,04	0,56	0,40
Total	99,59	99,61	99,62	99,69	99,60	99,60	99,60	99,59	99,63	99,61	99,61	99,60
<i>Ppm</i>												
Ba	1159	1513	1300	2430	1744	3211	2120	2346	2437	2100	2506	1731
Rb	33	46	65	61	156	79	101	111	66	79	97	192
Sr	247	366	311	383	410	326	488	244	309	239	315	168
Zr	439	403	450	—	437	545	528	1647	717	710	489	1035
Y	54	59	43	33	47	48	25	55	34	30	35	58
La	56	79	74	—	39	50	47	73	50	38	31	74
Ce	95	135	140	73	93	121	67	123	85	68	62	134
Nd	39	58	102	—	53	43	29	56	59	39	48	50
Zn	182	196	173	—	137	162	96	165	83	129	74	171
Pb	19	18	13	13	21	18	29	23	16	30	17	28
Ga	—	20	18	23	24	21	35	20	30	19	32	23

Примечание. 71-1m, 51-3 — габбро-монзониты; 51-29, 91-1, 72-12 — монзониты; 72-6m, 72-12a — кварцевые монзониты; 71-1ma — сиенит; 71-10, 51-27 — кварцевые сиениты; 71-9, 51-1 — граносиениты.

Note. 71-1m, 51-3 — gabbro-monzonites; 51-29, 91-1, 72-12 — monzonites; 72-6m, 72-12a — quartz monzonites; 71-1ma — syenite; 71-10, 51-27 — quartz syenites; 71-9, 51-1 — granosyenites.

Таблица 7. Результаты ICP-MS анализа закалочных габбро-монзонитов Коростенского плутона

Table 7. Results of ICP-MS analysis of chilled gabbro-monzonites from Korosten pluton

Sample	71D-1	72-3M	51-30
<i>Weight percents, %</i>			
SiO ₂	48,09	53,20	52,94
TiO ₂	2,98	2,28	2,42
Al ₂ O ₃	11,64	13,31	12,54
Fe ₂ O _{3r}	20,31	14,02	15,45
MnO	0,27	0,20	0,19
MgO	2,64	2,74	2,26
CaO	7,25	5,39	5,48
Na ₂ O	2,94	3,05	3,13
K ₂ O	2,06	3,89	3,60
P ₂ O ₅	1,34	1,00	1,17
Total	99,53	99,07	99,18
<i>Ppm</i>			
V	185,7	121,5	75,9
Cr	23,4	68,6	44,5
Ni	10,9	13,8	11,9
Co	39,1	25,6	29,3
Cu	35,6	17,7	32,3
Zn	236,1	184,5	247,1
Ga	23,2	20,4	26,5
Rb	19,2	201,5	67
Sr	330,4	395,0	300,9
Y	66,4	44,9	49,9
Zr	299,1	434,0	374,4
Nb	26,7	29,3	28,1
Mo	3,2	1,8	3
Cs	0,1	7,9	0,6
Ba	1391,5	1669,2	1168,9
La	51,5	47,7	57,8
Ce	131,3	112,6	144,9
Pr	19,1	15,8	20,1
Nd	77,5	64,5	78,6
Sm	14,2	12,5	14,3
Eu	3,6	2,8	2,1
Gd	14,1	10,8	12,4
Tb	2,2	1,5	1,8
Dy	12,1	8,7	9,3
Ho	2,4	1,6	1,8
Er	6,3	4,0	4,7
Tm	0,9	0,6	0,7
Yb	5,7	3,9	4,5
Lu	1,0	0,6	0,7
Hf	7,2	9,6	9,3
Ta	1,2	1,2	1,2
W	0,8	1,2	0,9
Pb	8,7	34,6	12,3
Th	2,1	4,3	5
U	0,5	0,9	0,8

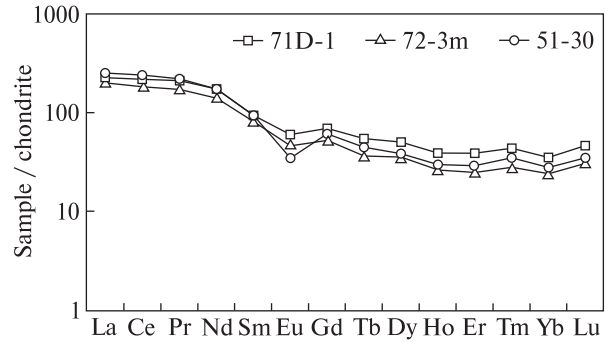


Рис. 10. Распределение РЗЭ в закалочных габбро-монзонитах Коростенского плутона, нормированное к хондриту

Fig. 10. The REE distribution in chilled gabbro-monzonites of Korosten pluton normalized to chondrite

выше стронциевый минимум, а также характерные для габбро-монзонитов более высокие значения концентрации всех несовместимых элементов. Последние приближаются к уровню, установленному [10] в гранитоидах коростенского комплекса, но, в отличие от них, в закалочных габбро-монзонитах отсутствуют негативные аномалии Ва, Тi и Р. Распределение редкоземельных элементов (РЗЭ) в закалочных габбро-монзонитах Коростенского плутона также оказывается промежуточным между описанными [9] для габброидов и гранитоидов коростенского комплекса (рис. 10). Суммарное содержание РЗЭ в 110–140 раз превышает хондритовое с заметным преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми ($La/Yb_n = 6–9$) и слабой негативной европиевой аномалией ($Eu/Eu^* = 0,5–0,7$).

Выводы. Авторами статьи получены принципиально новые данные, доказывающие магматическое происхождение гибридных пород Коростенского плутона. При этом весь изложенный выше фактический материал подтверждает давнюю гипотезу В. Соболева [11], объясняющую происхождение монзонитоидов явлениями гибридизма. Под последним понимается магматическое смешение (*magma mingling*) высокотемпературной базитовой магмы с более низкотемпературной гранитоидной в жидком или полужидком состоянии. Механизм магматического смешения удовлетворительно объясняет своеобразие геологической позиции, структурно-текстурных особенностей и вещественного состава гибридных пород, а также типоморфные особенности их породообразующих минералов. Характерными геологическими признаками магматического

смешения служат условия залегания и контактовые взаимоотношения гибридных пород: 1) приуроченность к особому типу контактов гранитоидов АРГФ с краевыми габброидными интрузиями, принадлежащими к поздним фазам формирования габбро-анортозитовых массивов; 2) своеобразная "взаимопроникающая" морфология контактов с инъекциями фаялит-геденбергитовых граносиенитов (сиенитов) в габброидах и магматическими базитовыми включениями — в гранитоидах; 3) наличие частично закаленных контактов со стороны габброидов при обычном отсутствии зон "закалки" в гранитоидах. Наиболее важные петрографические признаки магматического смешения таковы: 1) структурно-текстурные особенности и минеральные ассоциации гибридных пород, а также типоморфизм породообразующих минералов, указывающие на высокотемпературные "магматические" условия их кристаллизации; 2) значительная изменчивость минералого-петрографических характеристик гибридных пород, проявляющаяся на незначительном расстоянии и связанная с неравновесностью кристаллизации; 3) минеральный состав гибридных пород, "наследующий" минералогию контактирующих гранитоидов и габброидов; 4) геохимические параметры гибридных пород, отражающие химизм двух взаимодействующих магм.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анортозиты* Земли и Луны: 9 науч. работ / Под ред. М.С. Маркова, О.А. Богатикова. — М.: Наука, 1984. — 272 с.
2. *Безбородько М.І.* Петрогенезис і петрогенетична карта кристалічної смуги України. — К.: Вид-во АН УРСР, 1935. — 389 с.
3. *Білан О.В., Митрохин О.В.* Контактів взаємовідношення порід коростенського комплексу на прикладі Малинського масиву рапаківі // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. — 2005. — Вип. 33. — С. 23—26.
4. *Бухарев В.П.* Эволюция докембрийского магматизма западной части Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1992. — 152 с.
5. *Бухарев В.П., Колосовская В.А.* Гибридные породы Коростенского плутона // Докл. АН УССР. — 1971. — № 5. — С. 873—876.
6. *Великославинский Д.А., Биркис А.П., Богатиков О.А. и др.* Анортозит-рапакивигранитная формация Восточно-Европейской платформы. — Л.: Наука, 1978. — 296 с.
7. *Личак И.Л.* Петрология Коростенского плутона. — Киев: Наук. думка, 1983. — 246 с.
8. *Лучицкий В.И., Лебедев П.И.* Петрография Украины. — М.: Изд-во АН СССР, 1934. — 324 с.

9. *Митрохин О.В.* Анортозит-рапаківігранітна формація Українського щита: Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. — К., 2011. — 36 с.
10. *Митрохин А.В., Богданова С.В., Білан Е.В.* Петрология Малинского массива рапакиви (Коростенский плутон) // *Мінерал. журн.* — 2009. — 31, № 2. — С. 66—81.
11. *Соболев В.С.* Петрология восточной части сложного Коростенского плутона. — Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1947. — 140 с.
12. *Тарасенко В.Е.* О горных породах семейства габбро из Радомысльского и Житомирского уездов Киевской и Волынской губернии // *Зап. Киев. о-ва естествоиспытателей.* — 1895. — 15, вып. 1. — 347 с.
13. *Тарасенко В.С.* О контактном воздействии гранитов рапакиви на анортозиты Коростенского плутона // *Докл. АН СССР.* — 1986. — 289, № 2. — С. 466—471.
14. *Шарков Е.В.* Петрология расслоенных интрузий. — Л.: Наука, 1980. — 184 с.

Поступила 27.01.2014

REFERENCES

1. Markov, M.S. and Bogatikov, O.A. (eds) (1984), *Anorthosites Earth and Lunar: 9 sci. works*, Nauka, Moscow, 272 p.
2. Bezborodko, M.I. (1935), *Petrogenesis i petrogenetichna karta krystalichnoy smugi Ukraini*, Vyd-vo of AS of UkrSSR, Kiev, 389 p.
3. Bilan, E.V. and Mitrokhin, A.V. (2005), *Visnyk of Kyiv University. Geology*, Vol. 33, pp. 23-26.
4. Bukharev, V.P. (1992), *Evoluciya dokembriyского magmatizma zapadnoy chasty Ukrainского Shita*, Naukova dumka, Kiev, 152 p.
5. Bukharev, V.P. and Kolosovskaya, V.A. (1971), *Reports of AS of UkrSSR*, No 5, pp. 873-876.
6. Velikoslavinskiy, D.A., Birkis, A.P. and Bogatikov, O.A. (1978), *Anorthosite-rapakivi-granitnaya formatsiya Vostochno-Europeyskoy platformy*, Nauka, Leningrad, 296 p.
7. Lichak, I.L. (1983), *Petrologiya Korostenskogo plutona*, Naukova dumka, Kiev, 246 p.
8. Luchitskiy, V.I. and Lebedev, P.I. (1934), *Petrografiya Ukrainy*, AS of USSR, Moscow, 324 p.
9. Mitrokhin, A.V. (2011), *Anorthosite-rapakivi-granitnaya formatsiya Ukrayinskogo schyta*, Thesis for a doctor's degree of geological science, Taras Shevchenko Nat. Univ., Kyiv, 36 p.
10. Mitrokhin, A.V., Bogdanova, S.V. and Bilan, E.V. (2009), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 31 No 2, pp. 66-81.
11. Sobolev, V.S. (1947), *Petrologiya vostochnoy chasti slozhnogo Korostenskogo plutona*, Lvov Univ., Lvov, 140 p.
12. Tarasenko, V.E. (1895), *Transaction of Kiev naturalist society*, Vol. 15 No 1, 347 p.
13. Tarasenko, V.S. (1986), *Reports of AS of USSR*, Vol. 289 No 2, pp. 466-471.
14. Sharkov, E.V. (1980), *Petrologiya rassloennykh intruziy*, Nauka, Lvov, 184 p.

Received 27.01.14

О.В. Митрохин, О.В. Білан

Київський національний університет
імені Тараса Шевченка
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 90
E-mail: Mitrokhin.a.v@yandex.ua

**ПЕТРОЛОГІЯ "ГІБРИДНИХ ПОРІД"
КОРОСТЕНСЬКОГО ПЛУТОНУ
АНОРТОЗИТ-РАПАКІВІГРАНІТНОЇ
ФОРМАЦІЇ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

Характерною особливістю анортозит-рапаківігранітних комплексів Українського щита є значний розвиток анортозитів та інших габроїдів, з якими асоціюють так звані гібридні породи: монзоніти, монзонорити, монцогабро-норити, монцодіорити та сієніти. Їхній петрогенез досі обговорюється з позицій магматичної та контактово-метасоматичної гіпотез. Дослідження, виконані авторами статті, свідчать про магматичне походження гібридних порід у результаті змішування (*magma mingling*) високотемпературної базитової магми з більш низькотемпературною гранітоїдною в рідкому або напіврідкому стані. Найважливішими свідченнями магматичного змішування є наступні: 1) геологічні умови залягання монзонітоїдів та порід, що асоціюють з ними, обумовлені процесами співіснування та взаємодії двох контрастних магм; 2) структурно-текстурні особливості та мінеральні асоціації гібридних порід, а також типоморфні особливості породоутворювальних мінералів вказують на високотемпературні "магматичні" умови їх кристалізації; 3) значна мінливість мінералого-петрографічних характеристик гібридних порід, проявлена на незначних відстанях та пов'язана з нерівноважністю їх кристалізації; 4) мінеральний склад гібридних порід, який "успадковує" мінералогію гранітоїдів та габроїдів, що контактують; 5) геохімічні параметри гібридних порід, що віддзеркалюють хімізм двох магм, які взаємодіють.

Ключові слова: петрологія, гібридні породи, монзоніти, анортозит-рапаківігранітні комплекси.

A.V. Mitrokhin, E.V. Bilan

Taras Shevchenko Kyiv National University
90, Vasylkivska Str., 03022, Kyiv, Ukraine
E-mail: Mitrokhin.a.v@yandex.ua

**PETROLOGY OF "HYBRID ROCKS" RELATING TO
KOROSTEN ANORTHOSITE-RAPAKIVI-GRANITE
PLUTON OF THE UKRAINIAN SHIELD**

The object of research was specific "hybrid rocks": monzonites, monzonorites, monzogabbro-norites, monzodiorites and syenites that associated with gabbroids distributed in anorthosite-rapakivi-granite complexes (ARGC) of the Ukrainian Shield. In comparison with other petrographic representative of ARGC, hybrid rocks remain the least studied. Their petrogenesis is still discussed with positions of magmatic and contact-metasomatic hypotheses. *The goal, data and methods of research.* Authors of the article carry out researches on the area of the Volodarsk-Volynsky and Fedorivka gabbro-anorthosite massifs of Korosten pluton for the purpose of specification of a geological position, mineralogical, petrographical and geochemical features of hybrid rocks, and also clarification of their origin. The collected material was comprehensively studied with the use of optical and electron microscopy, the electron probe microanalysis, XRF and ICP-MS methods. *Obtained results and conclusions.* All the obtained data testify to magmatic origin of hybrid rocks as a result of mingling of high-temperature basic magma with more low-temperature acid one in liquid or semi-liquid states. It was established that hybrid rocks are confined to special type of contacts of ARGC granitoids with the marginal gabbroid intrusions relating to late phases of studied gabbro-anorthosite massifs. Such contacts are distinguished by their peculiar "interpenetrating" morphology with injections of fayalite-hedenbergite syenites (granosyenites) in the gabbroid as well as mafic magmatic enclaves trapped by granitoids. At the same time partially chilled margins are usually present in gabbroids but they are absent in granitoids. The most important evidences for magmatic mingling are: 1) geological occurrence conditions of monzonitoids and associated rocks determined by the processes of coexistence and interaction of two contrasting magmas; 2) structural-textural features and mineral associations of hybrid rocks as well as of morphology, anatomy and chemistry of rock-forming minerals, indicating high-temperature "magmatic" conditions for their crystallization; 3) considerable variability of mineralogical and petrographical characteristics of the hybrid rocks observed at small distances and agreed with nonequilibrium crystallisation; 4) mineral composition of hybrid rocks that "inherit" the mineralogy of contacting granitoids and gabbroids; 5) the geochemical features of hybrid rocks reflecting the chemistry of two interacting magmas.

Keywords: petrology, hybrid rocks, monzonites, anorthosite-rapakivi-granite complexes.