



МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ

УДК 552.11:552.32(470.324)

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖИЛЬНЫХ ПОРОД ЕЛАНСКОГО НИКЕЛЕНОСНОГО КОМПЛЕКСА

М.Н.Чернышова

Воронежский государственный университет

В статье впервые на обширном авторском аналитическом материале (свыше 120 химических анализов) и результатов статистической обработки приводятся петрогеохимические особенности жильных пород еланского никеленосного комплекса которые в совокупности с интрузивными дифференциатами определяют его специфический петрогеохимический облик.

Жильная фация еланского комплекса образует единый с последовательно сменяющейся основной ряд пород, представленных дайкообразными телами ортопироксенитов, роговообманковых габбро,

ро, норитов и норит-порфиритов, диоритов и гранодиоритов [1,2,3,4]. Химические составы и основные петрогеохимические коэффициенты этих типов жильных пород приведены в таблице 1.

Таблица 1

Средние химические составы (мас.%) жильных пород еланского комплекса

	Ортопироксениты			Габбро	Нориты			Норит-порфириты		Кварцевые диориты				Диоритовые порфириты	Гранодиориты
	1 (10)	2 (4)	3 (5)	4 (5)	5 (6)	6 (3)	7 (9)	8 (13)	9 (5)	10 (7)	11(22)	12 (8)	13(16)	14 (8)	15(5)
SiO ₂	50,47	28,75	49,62	53,36	52,99	53,54	57,93	58,13	58,25	62,04	62,72	64,44	63,49	62,28	67,07
TiO ₂	0,63	0,40	0,52	0,75	0,61	0,63	0,74	0,63	0,68	0,91	0,69	0,77	0,65	0,76	0,41
Al ₂ O ₃	2,84	2,70	2,34	10,16	10,16	13,72	13,91	13,00	12,98	14,24	15,04	14,98	15,52	14,48	14,02
Cr ₂ O ₃	0,32	0,30	0,30	-	0,15	0,12	0,10	0,07	0,07	-	0,01	-	0,01	-	н.о
Fe ₂ O ₃	7,51	5,82	9,15	3,17	4,68	2,58	2,13	1,99	2,44	1,04	1,50	1,20	1,53	0,95	1,09
FeO	7,88	26,00	9,20	7,43	4,08	6,18	4,88	5,51	5,58	3,78	3,60	3,18	3,42	4,52	2,47
MnO	0,09	0,07	0,09	0,02	0,02	0,05	0,02	0,08	0,06	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05
MgO	23,23	14,91	25,10	16,32	15,88	11,65	8,05	7,91	8,82	5,92	4,35	3,29	4,69	4,57	2,86
CaO	4,23	3,12	2,77	6,27	7,26	5,69	6,17	5,50	5,23	4,10	4,32	4,14	4,32	4,45	2,73
Na ₂ O	0,45	0,17	0,29	1,64	1,91	2,65	2,97	2,56	2,42	2,73	3,60	3,11	3,53	3,59	3,40
K ₂ O	0,61	0,17	0,49	0,88	0,78	1,16	1,98	1,98	2,10	3,02	2,25	3,62	2,56	2,71	4,22
P ₂ O ₅	0,20	0,12	0,13	-	0,24	0,26	0,30	0,25	0,40	0,18	0,25	0,23	0,22	0,24	0,16
SO ₃	0,47	13,14	-	-	0,54	0,48	0,27	1,02	0,78	0,42	0,27	0,21	-	0,68	0,35
Ппп	1,32	4,85	-	-	0,76	1,31	0,78	1,33	0,54	1,24	0,96	0,85	-	1,17	1,30
Сумма	100,25	100,52	100,00	100,00	99,91	100,02	100,08	99,92	100,43	99,66	99,61	100,07	100,00	100,44	99,78
Ni	0,09	0,58	0,184	0,04	0,06	0,03	0,013	0,044	0,041	0,013	0,022	0,025	0,023	0,029	0,064
Co	0,006	0,06	0,013	0,016	0,004	0,014	0,002	0,004	0,005	0,002	0,001	0,006	0,002	0,005	0,005
Cu	0,05	0,21	0,102	0,02	0,065	0,04	0,063	0,031	0,031	0,008	0,013	0,013	0,033	0,018	0,021
Петрохимические коэффициенты															
al'	0,07	0,06	0,05	0,38	0,41	0,67	0,92	0,84	0,77	1,32	1,59	1,95	1,61	1,44	2,2
Na ₂ O/K ₂ O	0,74	1	0,59	1,86	2,45	2,28	1,54	1,29	1,15	0,90	1,60	0,86	1,38	1,32	0,80
K _{fe}	39,85	68,09	42,23	39,38	35,50	42,92	46,54	48,67	47,62	44,88	53,97	57,10	51,35	54,48	55,45
K _{Mg}	60,15	31,91	57,77	60,62	64,45	57,08	53,45	51,33	52,37	55,12	46,03	42,89	48,65	45,52	44,55
K _ш	2,32	0,65	1,61	5,81	6,39	9,57	13,94	13,39	12,89	19,77	20,30	25,12	20,66	21,75	32,89

Примечание: 1-3-ортопироксениты: 1-среднезернистые биотит и амфиболсодержащие безрудные, 2-оруденелые, 3- по данным [5]; 4-габбро роговообманковое; 5-7-нориты: 5-мелано-, 6-мезо-, 7-лейкократовые; 8-9-норит-порфириты, 9 по [3]; 10-13-кварцевые диориты: 10-биотит-роговообманковые и биотитовые пироксен- и микроклинсодержащие, 11- биотитовые и роговообманково-биотитовые, 12-биотитовые микроклин- и роговообманковосодержащие и микроклин- биотитовые роговообманковосодержащие, 13-кварц-биотитовые и биотит-кварцевые; 14-диоритовые порфириты; 15- гранодиориты.

Таблица 2

Средние химические составы (мас.%) интрузивных пород еланского комплекса, по [5] с дополнениями

	1 (42)	2 (3)	3 (112)	4 (5)	5 (7)	6 (87)	7 (4)	8 (16)	9 (17)	10 (12)	11 (26)	12 (13)	13 (18)	14 (21)
SiO ₂	52.89	51.97	55.86	55.03	56.40	58.68	57.86	63.49	54.34	56.10	56.88	56.90	58.00	58.40
TiO ₂	0.68	0.64	0.67	0.67	0.70	0.76	0.68	0.65	0.39	0.38	0.43	0.41	0.71	0.95
Al ₂ O ₃	9.90	9.72	11.81	11.68	12.37	13.73	13.46	15.52	11.40	12.15	11.46	12.79	14.23	13.07
Cr ₂ O ₃	0.27	0.26	0.21	0.17	0.10	0.17	0.14	0.01	0.29	0.22	0.17	0.10	0.10	0.13
Fe ₂ O ₃	3.58	3.56	2.65	3.20	2.28	2.13	2.89	1.53	2.09	2.54	1.57	1.45	1.40	1.48
FeO	6.75	7.06	6.03	5.20	5.75	5.03	4.79	3.42	7.91	6.72	6.44	7.30	6.39	6.18
MnO	0.07	0.06	0.06	0.09	0.03	0.06	0.05	0.06	0.16	0.06	0.10	0.12	0.11	0.06
MgO	17.38	17.11	12.94	13.74	11.51	8.45	8.75	4.69	14.06	12.77	14.69	11.86	7.32	10.11
CaO	5.55	6.81	5.82	6.51	6.33	5.80	6.57	4.32	6.18	5.13	4.94	4.87	6.75	4.91
Na ₂ O	1.59	1.54	2.21	2.17	2.40	2.79	2.54	3.53	1.83	2.20	1.88	2.32	2.37	2.53
K ₂ O	0.96	1.07	1.50	1.24	1.67	2.14	2.03	2.56	1.10	1.54	1.50	1.73	2.39	2.11
P ₂ O ₅	0.22	0.19	0.23	0.30	0.26	0.26	0.24	0.22	0.13	0.19	0.10	0.13	0.21	0.18
Ni	0.180	0.140	0.041	0.060	0.040	0.031	0.040	0.023	0.025	0.031	0.014	0.007	0.016	0.040
Co	0.006	0.005	0.006	0.006	0.007	0.003	0.004	0.002	0.004	0.005	0.002	0.001	0.003	0.004
Cu	0.030	0.025	0.021	0.020	0.023	0.021	0.020	0.033	0.003	0.011	0.004	0.003	0.016	0.006
Петрохимические коэффициенты														
al'	0.36	0.35	0.54	0.52	0.63	0.87	0.82	1.61	0.47	0.55	0.50	0.62	0.94	0.73
Na ₂ O/K ₂ O	1.65	1.44	1.47	1.75	1.44	1.30	1.25	1.38	1.66	1.43	1.25	1.34	0.99	1.19
K _{Fe}	37.28	38.30	40.15	37.94	41.09	45.87	46.74	51.35	41.56	42.03	35.28	42.45	51.55	43.11
K _{Mg}	62.72	61.70	59.85	62.06	58.90	54.13	53.25	48.65	58.43	57.97	64.71	57.54	48.44	56.89
K _{III}	5.91	5.89	9.45	8.45	10.64	14.03	12.53	20.65	7.03	9.51	8.64	10.58	13.19	12.97

Примечание: 1-меланонориты Еланской и Елkinской интрузий; 2-меланократовые амфиболитизированные нориты Еланской интрузии; 3-мезонориты Еланской и Елkinской интрузий; 4-мезократовые амфиболитизированные нориты Еланской интрузии; 5-мезо-лейкократовые порфиридные нориты Еланской интрузии; 6-лейконориты Еланской и Елkinской интрузий; 7-лейкократовые амфиболитизированные нориты Еланской интрузии; 8-биотит-роговообманковые диориты Еланской интрузии; 9-14-нориты: 9-Троицкого, 10-Русановского, 11-Новопокровского, 12-Бороздинского, 13-Романовского, 14-Некрыловского интрузивов. Анализы пересчитаны на безводный состав и преведены к 100%; в скобках количество анализов.

Петрохимический анализ жильных ортопироксенитов выявляет устойчиво высокую магнезиальность (MgO>25,10%), низкие содержания CaO (2,8-4,2%), щелочей (Кщ=0,6-2,3), повышенную хромистость (Cr₂O₃>0,30%) и низкую глиноземистость, сравнительно устойчивое преобладание Ni над Cu (см. табл.2) и ряд других ранее отмечавшихся [5] признаков, сближающих их с многообразной ортопироксенит-норит-диоритовой породной ассоциацией еланского комплекса (табл.2,3). На диаграммах, характеризующих положение интрузивных и комагматичных им жильных пород еланского комплекса, поля составов ортопироксенитов располагаются в пределах единого петрогенетического ряда известково-щелочной серии (рис.1,2).

Высокая степень петрохимической комплементарности характерна и для норитов дайковой фации (табл.4), которые включают две разновидности: а) мелкозернистые нориты собственно жильной серии среди ранних ультрамафит-мафитовых плутонов (Вязовский, Елань-Коленовский) мамонского комплекса и б) роговообманковое габбро и норит-порфириды как асхистовые образования в пределах никеленосных норит-диоритовых тел. Нориты собственно жильной фации по составу и характеру распределения петрогенных компонентов приближаются к соответствующим разновидностям интрузивных норитов (см.табл.2,4). Количественно среди них

преобладают мезонориты (MgO>11,6%), для которых характерно несколько пониженное (по сравнению с рудоносными норитами) содержание SiO₂, повышенная глиноземистость, щелочность, устойчиво натриевая специализация.

Роговообманковое жильное габбро наследует петрохимические черты высокомагнезиальных (MgO>17,10%) меланоноритов, с которыми они обычно тесно ассоциируют. Это сходство прослеживается по- существу по всем петрокомпонентам (табл.2,5; см.рис.1,2), за исключением несколько более высоких содержаний SiO₂ и Al₂O₃ и пониженных Ni, Cu, Co в роговообманковом габбро.

Наиболее характерной особенностью норит-порфиридов [6] является высокая степень комплементарности их химического состава с петрогеохимическим обликом интрузивных порфиридных норитов (табл.2,6). Подобно норитам принадлежащих к особой высокомагнезиальной магматической серии [7,5,6], жильные норит-порфириды отличаются: а) ярко выраженным нелинейным типом распределения MgO и SiO₂ - повышенной (отвечающей в большей мере оливинсодержащим мафитам) магнезиальностью (MgO=13,20-7,24%, см.табл. 6) при одновременно высоком (характерном для средних, повышенной кремнеземистости, пород) содержанием SiO₂ (54,73%) при пониженной роли CaO и Al₂O₃ и повышенной - щелочей (до 5,15%, Na₂O>K₂O), Ti,

Таблица 3

Химический состав ортопироксенитов еланского комплекса

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	47.90	49.70	50.60	51.60	52.80	53.84	53.90	47.66	47.80	48.92	16.41	30.31	32.65	35.65
TiO ₂	0.56	0.46	0.17	0.24	0.80	0.58	0.30	1.28	1.10	0.80	0.40	0.18	0.38	0.64
Al ₂ O ₃	2.09	2.16	1.50	2.50	2.46	1.22	2.69	5.21	2.98	5.59	2.67	2.82	2.70	2.62
Cr ₂ O ₃	0.43	0.41	0.29	0.23	н.о.	н.о.	0.05	н.о.	0.46	0.37	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Fe ₂ O ₃	9.72	13.49	1.12	4.60	5.53	10.50	7.23	4.99	8.96	9.01	-	2.93	4.13	10.40
FeO	8.68	4.64	12.67	9.36	10.86	6.27	8.91	6.70	5.40	5.30	40.33	23.65	24.92	19.12
MnO	0.05	0.06	0.23	0.26	0.03	0.03	0.02	0.07	0.06	0.05	0.06	0.12	0.05	0.05
MgO	24.74	25.26	26.13	22.77	23.60	23.83	23.94	22.22	21.61	18.20	12.12	15.74	16.65	15.13
CaO	3.44	2.30	3.86	3.86	1.82	1.82	1.69	5.16	9.80	8.60	2.42	3.65	2.44	3.99
Na ₂ O	0.20	0.30	0.27	0.69	0.50	0.20	0.30	0.60	0.40	1.00	0.20	0.10	0.20	0.20
K ₂ O	0.40	0.40	0.23	0.35	0.30	0.30	0.60	2.50	0.30	0.80	0.10	0.10	0.10	0.40
P ₂ O ₅	0.19	0.12	0.05	0.10	0.34	0.27	0.12	0.20	0.15	0.45	0.17	0.10	0.13	0.10
SO ₃	1.52	0.55	0.98	0.02	0.23	0.39	0.27	0.08	0.45	0.25	18.71	12.24	10.41	11.22
П.П.П.	0.78	0.27	1.72	3.24	1.38	0.76	0.41	3.42	0.91	0.32	5.96	7.66	4.64	1.14
Сумма	100.70	100.12	99.47	99.85	100.65	100.01	100.43	99.09	100.38	99.66	99.55	99.60	99.40	100.66
Ni	0.25	0.10	0.129	0.038	0.015	0.018	0.08	0.03	0.15	сл.	0.50	0.82	0.60	0.42
Co	-	-	0.016	0.006	0.001	0.002	0.01	0.003	-	-	0.08	0.06	0.04	-
Cu	0.10	0.06	0.060	0.0087	0.08	0.07	0.015	0.003	0.07	0.04	0.22	0.18	0.25	0.19
Петрохимические коэффициенты														
al	0.048	0.49	0.037	0.068	0.061	0.030	0.067	0.15	0.082	0.172	0.05	0.067	0.059	0.059
Na ₂ O/K ₂ O	0.5	0.75	1.17	1.97	1.67	0.66	0.5	0.24	1.33	1.25	2.0	1.0	2.0	0.50
Kfe	42.65	41.78	34.54	38.00	40.95	41.31	40.27	34.47	39.92	44.02	76.89	62.81	63.57	66.11
Kmg	57.35	58.22	65.45	61.99	59.01	58.69	59.73	65.53	60.08	55.98	23.11	37.19	36.43	33.88
Kш	1.23	1.46	1.10	2.41	1.81	1.15	2.02	7.00	1.43	3.85	0.52	0.41	0.59	1.17
M/F	2,52	2,71	3,39	3,03	2,66	2,68	2,77	3,55	2,87	2,42	0,65	1,10	1,04	0,94

Примечание: 1-10-среднезернистые биотит и амфиболсодержащие ортопироксениты безрудные: 1-7648/358,8; 2-7648/496,3; 3-7319/315,4; 4-7320/481,0; 5-7543/475,5; 6-7543/312,4; 7-8109/280,6; 8-7650/273,8; 9-7694/247,7; 10-7694/446,5; 11-14-оруденелые ортопироксениты: 11-7543/419,4; 12-7543/356,0; 13-7543/425,6; 14-7648/417,9; по [3].

P, Rb, Ba и др.; б) высокой (почти на порядок выше кларковой величины) хромистостью (до 0,26% Cr₂O₃) и повышенной концентрацией серы (SO₃ - 0,83-2,71%) и отчасти Ni и Cu (Ni/Cu≥1).

Важно однако подчеркнуть, что количественное содержание SiO₂ и MgO в норит-порфиритах в значительной мере определяется их пространственно-временной ассоциацией с мезо- или лейкократовыми разновидностями норитов, по сравнению с которыми жильные образования обнаруживают четкое смещение в область более высоких (на 2-4%) содержаний SiO₂, повышенной щелочности (при возрастающей роли K₂O) при одновременном снижении на 2-4%, иногда до 6% MgO, а так же Cr₂O₃, Ni, Cu, Co. Подобное распределение петрогенных и рудных компонентов несомненно отражает с одной стороны значительную роль биотит-кварц-полевошпатовой основной массы (в большей мере отвечающей средним-умереннокислым породам), а с другой - генетическую связь с интрузивной фацией норитов и особые условия их формирования.

Наиболее приемлимой и достаточно полно объясняющей генетическую принадлежность норит-порфириров к производным норитового расплава представляется модель формирования жильных норит-порфириров, базирующаяся на кумулюсной теории Уэйджера с соавт. [8]. В соответствии с этими представлениями, дополненными последующими теоретическими [9,10] и экспериментальными

[11,12,10,13] исследованиями по конвективным процессам, прекращение конвекции с падением температуры кристаллизующейся магмы сопровождается значительным (на 6-8%) сокращением ее объема [6,3] и приводит к обособлению в участках контракции ранее закристаллизовавшейся интрузивной матрицы интеркумуляного расплава. Будучи по существу конечным продуктом кристаллизующейся норитовой магматической системы такой остаточный расплав неизбежно обогащается не только флюидами, но и SiO₂, щелочами относительно MgO, Cr₂O₃ и других элементов. Уменьшение объема кристаллизующегося расплава и возникновение контрактационных зон неизбежно сопровождалось резким перепадом давлений и интенсивным (иногда с проявлениями взрывных процессов и частичным переплавлением вмещающей интрузивной матрицы) заполнением контрактационных трещин интеркумуляным расплавом и его обособленной автономной эволюцией с образованием дайковых тел и сложных по морфологии жил норит-порфириров.

Предложенный механизм формирования [6,14] наиболее полно отражает весь комплекс их специфических признаков: а) тесную пространственно-временную сопряженность жильных норит-порфириров с интрузивной фацией норитов и неоднозначный характер их взаимоотношений с вмещающими породами (от резких и неясно выраженных контактов до постепенных переходов); б) тон-

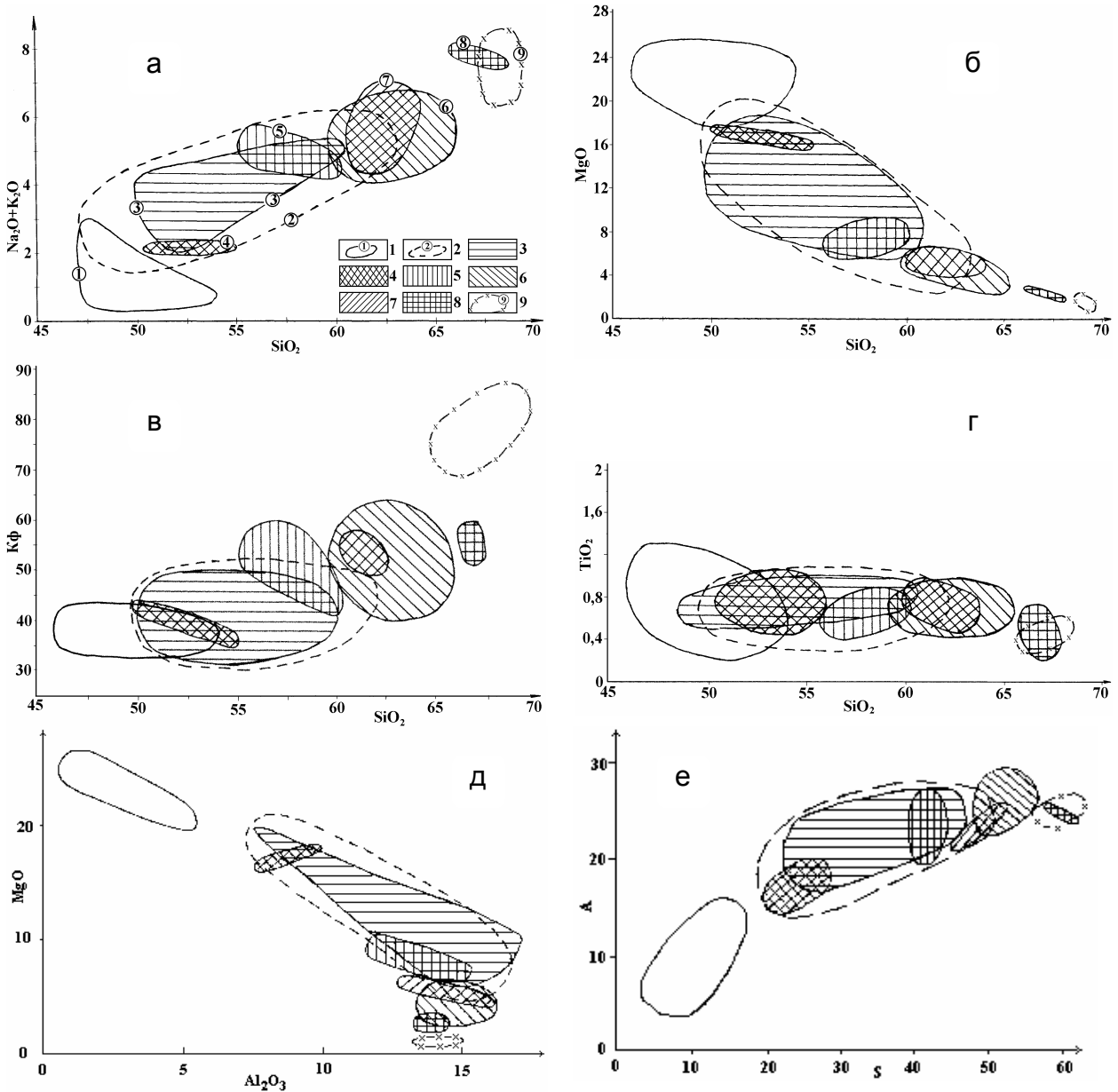


Рис.1. Положение интрузивных и жильных пород еланского никеленосного комплекса на диаграммах: а) $\text{SiO}_2\text{-(Na}_2\text{O+K}_2\text{O)}$, б) $\text{SiO}_2\text{-MgO}$, в) $\text{SiO}_2\text{-Kф}$, г) $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$; д) $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$; е) А-S: 1-ортопироксениты; 2-нориты интрузивной фации; 3-жильные нориты; 4-жильное роговообманковое габбро; 5-норит-порфириты; 6-7-жильные диориты и диоритовые порфириты; 8-9-жильные гранодиориты еланского (8) и бобровского (9) комплексов.

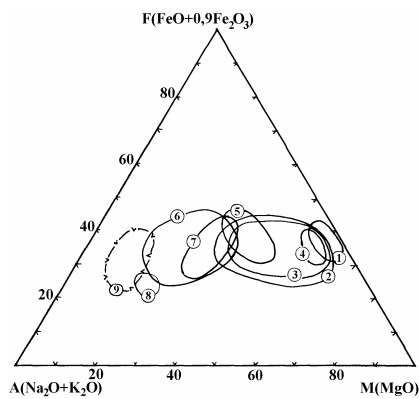


Рис.2. Положение полей составов интрузивных и жильных пород еланского комплекса на диаграмме АFМ. 1-ортопироксениты; 2-нориты интрузивные; 3-7-жильные нориты (3), габбро роговообманковое (4), норит-порфириты (5), диориты (6), диоритовые порфириты (7); 8-9-жильные гранодиориты еланского (8) и бобровского (9) комплексов.

Таблица 4

Химический состав жильных норитов еланского комплекса

	Меланократовые нориты						Мезократовые нориты			Лейкократовые нориты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	50.50	51.96	52.26	53.36	54.90	54.98	50.84	54.50	55.28	54.54	55.88	56.64	57.59	58.50	58.78	59.16	59.74	60.62
TiO ₂	0.55	0.80	0.53	0.56	0.61	0.62	0.50	0.71	0.70	0.54	0.63	0.91	0.70	0.82	0.72	0.67	0.91	0.83
Cr ₂ O ₃	-	-	-	н.о.	-	-	0.09	-	0.16	0.07	н.о.	н.о.	0.07	н.о.	-	н.о.	-	-
Al ₂ O ₃	10.54	10.77	10.17	7.95	11.66	9.88	16.73	11.79	12.63	15.83	13.72	12.71	13.51	11.93	14.08	16.46	14.82	12.14
Fe ₂ O ₃	5.01	3.23	4.97	6.08	5.57	3.25	1.33	3.41	3.01	0.10	3.23	1.57	3.68	2.06	2.66	2.34	1.54	2.09
FeO	3.92	5.73	3.96	3.46	2.59	4.82	9.39	4.54	4.61	8.91	4.06	6.34	3.60	5.33	3.35	3.42	4.21	4.72
MnO	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.09	0.02	0.03	0.08	0.07	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
MgO	15.47	14.80	15.63	18.16	14.65	16.62	10.25	12.78	11.91	7.84	8.25	9.02	7.63	9.98	7.89	6.73	6.12	9.00
CaO	9.20	7.78	9.32	6.06	5.83	5.38	4.50	6.73	5.83	4.05	9.18	7.20	6.69	6.38	5.61	5.44	6.28	4.71
Na ₂ O	2.70	2.20	1.40	1.30	2.10	1.80	3.34	2.20	2.40	3.88	2.90	3.00	2.80	2.60	2.85	2.90	3.20	2.60
K ₂ O	0.70	1.10	0.50	1.00	1.40	1.40	0.82	1.30	1.35	2.90	0.80	1.30	1.80	1.80	2.00	2.20	2.20	2.40
P ₂ O ₅	0.18	0.23	0.18	0.25	0.25	0.39	0.04	0.48	0.25	0.07	0.15	0.32	0.48	0.23	0.39	0.22	0.52	0.33
SO ₃	0.38	1.15	0.82	0.31	0.23	0.37	0.92	0.28	0.23	0.58	0.31	0.20	0.38	0.14	0.09	0.21	0.11	0.42
П.П.П.	0.94	1.03	0.31	1.25	0.59	0.48	0.72	1.94	1.27	0.52	0.91	1.17	1.09	0.76	0.88	0.42	0.56	0.72
Сумма	100.14	100.80	100.06	99.76	100.40	100.01	99.56	100.68	99.66	99.91	100.09	100.40	100.40	100.54	99.32	100.18	100.23	100.59
Ni	0.04	0.034	0.001	н.о.	0.121	0.10	0.019	0.05	0.03	0.017	0.03	н.о.	0.001	н.о.	0.016	н.о.	0.001	0.016
Co	0.001	0.002	0.001	н.о.	0.006	0.01	0.001	0.04	0.001	0.001	0.001	н.о.	0.001	н.о.	0.004	н.о.	0.005	0.004
Cu	0.13	0.014	0.147	н.о.	0.013	0.023	0.016	0.021	0.080	0.022	0.070	н.о.	0.060	н.о.	0.012	н.о.	0.009	0.012
Петрохимические коэффициенты																		
al'	0.43	0.45	0.41	0.29	0.51	0.40	0.80	0.57	0.65	0.94	0.88	0.75	0.85	0.69	1.01	1.31	1.25	0.74
Na ₂ O/K ₂ O	3.56	2.0	2.8	1.3	1.5	1.28	4.07	1.69	1.78	1.34	3.62	2.31	1.55	1.44	1.42	1.32	1.45	1.08
K _{Fe}	36.60	37.71	36.36	34.44	35.77	32.68	51.12	38.35	39.02	53.47	46.91	46.72	52.04	42.54	48.27	46.12	48.44	41.75
K _{Mg}	63.40	62.29	63.64	65.56	64.23	67.31	48.88	61.65	60.98	46.52	53.09	53.28	47.96	57.45	56.76	53.88	51.55	58.25
K _ш	7.70	7.79	4.31	5.51	8.68	8.01	9.86	8.92	9.87	18.46	9.62	11.67	12.74	12.33	14.44	14.83	16.38	15.08
M/F	3.31	3.10	3.28	3.61	3.42	3.85	1.73	3.02	2.92	1.45	2.10	2.06	1.97	2.48	2.47	2.21	2.01	2.45

Примечание: 1-6-меланократовые нориты: 1-7653/284,0; 2-7653/290,0; 3-7653/363,3; 4-7822/417,3; 5-7819/694,5; 6-7613/311,4; 7-9-мезократовые нориты: 7-7904/475,5; 8-7828/343,8; 9-7836/595,5; 10-18-лейкократовые нориты: 10-7929/309,4; 11-7822/659,0; 12-7906/354,3; 13-7612/274,2; 14-7824/397,3; 15-7821/317,2; 16-7929/350,0; 17-7831/402,0; 18-7831/323,5.

Таблица 5

Химический состав (мас.%) жильных роговообманковых габбро еланского комплекса

	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	52.66	50.89	55.54	54.27	53.46	53.36
TiO ₂	0.68	0.79	0.75	1.03	0.45	0.74
Al ₂ O ₃	14.06	9.51	8.61	7.99	10.62	10.16
Fe ₂ O ₃	2.14	2.57	3.46	3.20	4.50	3.17
FeO	6.27	11.30	5.91	7.89	5.80	7.43
MnO	0.01	0.01	0.015	0.019	0.025	0.016
MgO	13.02	17.45	17.06	16.66	17.39	16.32
CaO	8.52	5.27	5.80	6.00	5.74	6.27
Na ₂ O	2.12	1.26	1.73	1.62	1.47	1.64
K ₂ O	0.51	0.95	1.12	1.32	0.53	0.87
Петрохимические коэффициенты						
al'	0.66	0.31	0.32	0.29	0.38	0.39
Na ₂ O/K ₂ O	4.15	1.33	1.54	1.23	2.77	2.20
K _{Fe}	39.24	44.28	35.45	39.96	37.19	39.27
K _{Mg}	60.75	55.71	64.55	60.04	62.80	60.78
K _{III}	5.97	4.79	6.98	7.04	4.54	5.96
M/F	2.82	1.81	3.36	2.76	3.15	2.82

Примечание: 1-7848/359,0; 2-7832/373,0; 3-7928/614,3; 4-7903/357,5; 5-7931/521,9; 6-среднее по 5 анализам. Анализы пересчитаны на безводный состав и приведены к 100%.

Таблица 6

Химический состав жильных норит-порфиритов еланского комплекса

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	59.68	59.60	59.48	59.22	58.50	58.40	58.33	57.98	57.87	57.65	56.58	56.41	56.06
TiO ₂	0.77	0.40	0.84	0.85	0.82	0.47	0.56	0.74	0.51	0.68	0.43	0.56	0.55
Cr ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	13.21	12.60	11.96	13.07	11.93	14.25	12.51	12.31	13.06	12.80	13.07	13.63	14.64
Fe ₂ O ₃	1.40	2.59	2.44	1.49	2.06	3.37	3.25	2.75	1.74	0.93	0.51	2.79	0.67
FeO	5.47	4.15	5.26	4.83	5.33	5.47	4.94	6.12	5.19	5.81	7.36	5.32	6.39
MnO	0.03	0.08	0.04	0.05	0.01	0.11	0.05	0.08	0.05	0.06	0.11	0.15	0.11
MgO	7.51	9.35	7.89	7.25	9.98	6.52	9.29	8.31	7.12	7.73	8.87	6.03	7.36
CaO	4.26	4.75	4.49	5.38	6.38	5.31	3.92	4.58	6.71	5.97	7.03	6.70	6.09
Na ₂ O	2.30	2.26	2.20	2.40	2.60	2.62	2.50	3.60	3.00	2.80	2.64	3.00	3.00
K ₂ O	2.00	2.02	2.05	1.90	1.80	1.80	1.90	1.80	1.70	1.90	1.82	2.60	2.50
P ₂ O ₅	0.50	0.12	0.48	0.11	0.23	0.14	0.37	0.40	0.17	0.21	0.22	0.15	0.18
SO ₃	1.65	0.88	1.86	1.90	0.35	0.02	1.25	1.00	1.37	1.00	0.07	1.34	0.58
П.П.П.	1.98	0.74	1.65	2.43	0.71	1.00	0.99	0.77	1.59	2.14	0.60	1.26	1.28
Сумма	100.26	99.54	100.64	100.88	100.70	99.48	99.85	100.46	100.08	99.68	99.31	99.94	99.41
Ni	0.04	0.022	н.о.	0.055	н.о.	0.009	0.100	0.07	0.07	0.04	0.008	0.001	0.07
Co	0.006	0.001	н.о.	0.006	н.о.	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005
Cu	0.020	0.034	н.о.	0.013	н.о.	0.024	0.060	0.090	0.001	0.010	0.006	0.060	0.022
Петрохимические коэффициенты													
al'	0.92	0.78	0.77	0.96	0.69	0.93	0.70	0.72	0.93	0.88	0.78	0.96	1.01
Na ₂ O/K ₂ O	1.15	1.11	1.07	1.26	1.44	1.45	1.31	2.0	1.76	1.47	1.45	1.15	1.2
K _{Fe}	47.77	41.89	49.39	46.57	42.54	57.55	46.85	51.63	49.32	46.58	47.01	57.35	48.96
K _{Mg}	52.22	58.11	50.61	53.43	57.45	42.45	53.15	48.37	50.68	53.42	52.99	42.64	51.04
K _{III}	13.50	12.79	13.26	13.43	12.33	12.66	13.05	15.85	13.90	14.14	12.11	16.25	15.65
M/F	1.96	2.61	1.88	2.12	2.48	1.35	2.08	1.73	1.87	2.05	1.81	1.38	1.08

Примечание: норит-порфириты Еланского месторождения: 1-7822/358,4; 2-7819/678,0; 3-7613/295,8; 4-7823/492,0; 5-7824/297,3; 6-7927/398,0; 7-7606(I)/343,3; 8-7823/358,5; 9-7687/281,3; 10-7823/294,8; 11-7606(II)/388,4; 12-7613/296,0; 13-7613/535,5.

кокристаллический порфиновый облик (с элементами трахитоидности и флюидалности) и наличие в структурно-неоднородной (микроаллотриоморфнозернистая, микрогранобластовая, микропойкилото

Таблица 7

Химический состав жильных кварцевых диоритов еланского комплекса

	Биотит-роговообманковые и биотитовые пироксен- и микроклинсодержащие							Биотитовые и роговообманковобиотитовые											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
SiO ₂	61.28	62.12	62.32	62.46	62.54	63.08	63.18	59.86	60.27	60.49	61.06	61.22	62.13	62.14	62.20	62.26	62.26	62.50	
TiO ₂	0.94	0.72	1.02	0.38	0.68	0.55	0.88	0.67	0.55	0.52	0.89	0.51	0.74	0.49	0.79	0.70	0.85	0.55	
Cr ₂ O ₃	н.о.	н.о.	н.о.	0.01	н.о.	-	н.о.	-	-	-	-	-	0.01	-	0.01	н.о.	0.1	-	
Al ₂ O ₃	13.25	15.73	13.43	14.76	14.92	14.67	13.98	15.47	14.79	16.27	15.51	15.75	14.63	15.44	15.85	14.70	14.42	14.88	
Fe ₂ O ₃	1.45	1.82	1.56	0.30	1.44	1.33	1.42	1.14	3.02	2.08	1.04	1.45	1.86	1.11	0.87	1.42	0.69	3.27	
FeO	5.01	3.38	3.89	3.98	3.34	3.60	3.89	4.54	3.47	3.37	3.93	3.35	4.26	3.51	3.28	3.89	3.77	3.29	
MnO	0.07	0.05	0.06	0.07	0.05	0.04	0.01	0.07	0.07	0.07	0.05	0.08	0.07	0.04	0.048	0.03	0.08	0.08	
MgO	5.80	6.12	6.73	5.85	5.90	5.28	5.25	4.82	4.91	4.80	4.96	4.00	4.81	4.26	4.96	4.51	4.23	3.30	
CaO	4.56	4.10	3.19	3.84	3.74	4.24	3.69	5.59	4.56	6.66	4.02	6.66	3.86	4.24	3.45	4.10	3.36	5.74	
Na ₂ O	2.80	2.40	2.40	3.50	2.90	3.10	2.70	3.60	3.30	2.60	3.70	4.00	3.00	3.15	3.80	3.50	3.90	3.30	
K ₂ O	3.80	2.60	3.90	2.34	2.50	2.60	3.30	2.40	2.30	1.80	3.00	2.10	2.80	3.10	2.95	3.30	3.00	1.90	
P ₂ O ₅	0.23	0.18	0.21	0.12	0.21	0.17	0.11	0.19	0.25	0.24	0.26	0.14	0.53	0.24	0.23	0.32	0.24	0.17	
SO ₃	0.27	0.30	1.07	0.19	0.54	0.26	0.35	0.35	0.42	0.33	0.25	0.35	0.26	0.48	0.27	0.30	1.20	0.07	
П.П.П.	1.12	1.29	1.20	1.45	1.72	0.87	0.88	0.89	1.75	0.69	1.18	0.90	0.82	1.86	0.97	0.59	2.16	0.97	
Сумма	100.5	100.8	100.9	99.25	100.4	99.78	99.64	99.59	99.66	99.92	99.85	100.5	99.78	100.0	99.66	99.62	100.2	100.0	
Ni	н.о.	н.о.	н.о.	0.011	н.о.	0.001	0.029	0.001	0.03	0.07	0.014	0.001	0.001	0.001	0.016	н.о.	0.02	0.02	
Co	н.о.	н.о.	н.о.	0.001	н.о.	0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	-	0.001	0.002	н.о.	0.001	-	
Cu	н.о.	н.о.	н.о.	0.003	н.о.	-	0.013	0.001	0.001	0.001	0.05	-	0.05	0.015	0.048	н.о.	0.01	0.001	
al'	1.08	1.39	1.10	1.46	1.40	1.44	1.32	1.47	1.30	1.59	1.56	1.79	1.34	1.74	1.74	1.50	1.66	1.51	
Na ₂ O/K ₂ O	0.74	0.92	0.61	1.50	1.16	1.19	0.82	1.50	1.43	1.44	1.23	2.00	1.07	1.02	1.29	1.06	1.30	1.74	
K _{Fe}	52.69	45.94	44.75	42.25	44.76	48.29	50.28	54.09	56.93	53.17	50.05	54.54	55.99	52.03	45.55	54.07	51.32	66.53	
K _{Mg}	47.31	54.06	55.25	57.75	55.24	51.71	49.72	45.90	43.07	46.83	49.95	45.45	44.00	47.97	54.44	45.93	48.68	33.47	
K _{Al}	21.95	16.05	21.87	20.33	18.40	19.57	21.25	19.01	18.21	13.26	22.74	19.22	19.71	21.88	23.76	23.76	26.07	17.06	
M/F	1.64	2.23	2.24	2.42	2.28	2.00	1.67	1.54	1.39	1.63	1.88	1.29	1.24	1.70	2.14	1.44	1.70	0.93	

Продолжение таблицы 7

	Биотитовые и роговообманковобиотитовые											Биотитовые микроклин- и роговообманковосодержащие и микроклин-биотитовые роговообманковосодержащие							
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
SiO ₂	62.58	62.71	62.72	63.04	63.30	63.34	63.46	63.58	63.80	64.37	64.42	64.57	64.64	64.72	63.61	64.32	64.86	64.90	64.3
TiO ₂	0.63	0.49	0.50	0.74	0.70	0.65	0.51	0.53	0.61	0.52	0.55	0.50	0.67	0.63	0.90	0.80	0.67	0.85	0.85
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0.02	н.о.	-	-	-	-	-	-	н.о.	-	-	-	н.о.	-	-	-
Al ₂ O ₃	15.14	15.30	14.78	14.49	13.66	15.94	15.27	14.67	14.64	14.64	13.69	14.82	15.11	16.22	15.45	14.33	15.07	14.61	15.4
Fe ₂ O ₃	1.25	1.50	1.91	2.21	0.98	1.41	1.47	1.33	1.41	0.10	2.25	1.01	0.96	0.86	1.12	1.20	1.17	1.28	0.48
FeO	3.96	3.33	3.60	3.46	4.57	2.95	3.06	3.60	3.24	4.31	3.45	2.61	3.06	3.06	3.39	3.60	3.60	3.10	3.74
MnO	0.04	0.07	0.07	0.02	0.04	0.05	0.09	0.04	0.05	0.06	0.09	0.05	0.05	0.04	0.07	0.05	0.04	0.02	0.07
MgO	4.26	4.02	3.70	4.73	4.83	4.13	4.01	4.87	4.87	4.78	3.28	4.54	3.30	3.47	3.03	3.96	3.25	2.84	3.63
CaO	4.52	4.47	3.46	4.01	5.16	4.02	5.58	4.52	4.52	3.25	5.71	3.22	4.02	4.23	4.21	4.24	3.39	3.91	3.37
Na ₂ O	3.20	4.00	3.30	4.60	3.00	4.00	2.80	3.40	3.20	3.34	3.20	3.81	3.65	2.80	3.00	2.80	3.00	3.00	3.50
K ₂ O	2.90	2.40	3.20	2.50	1.90	1.95	1.60	2.40	2.40	3.44	2.00	3.44	3.55	3.00	4.00	3.00	3.60	3.50	3.20
P ₂ O ₅	0.16	0.19	0.78	0.32	0.41	0.23	0.18	0.14	0.17	0.17	0.28	0.17	0.17	0.17	0.27	0.09	0.16	0.27	0.25
SO ₃	0.40	0.28	0.29	0.29	0.54	0.17	0.42	0.31	0.34	0.03	0.24	0.22	0.27	0.29	0.07	0.16	0.41	0.13	0.10
П.П.П.	0.85	1.13	0.98	0.27	1.08	0.74	1.00	0.99	1.03	0.88	0.72	0.47	0.93	0.60	1.00	0.95	0.63	1.07	0.96
Сумма	99.89	99.89	99.29	100.0	100.1	99.58	99.45	100.4	99.68	99.89	99.88	99.43	100.3	100.0	100.1	99.50	99.85	99.48	99.9
Ni	0.001	0.09	сл.	0.003	0.016	0.014	0.07	0.04	0.001	0.023	0.02	0.006	0.002	сл.	0.01	0.04	0.032	0.015	0.02
Co	0.001	сл.	-	0.006	0.008	0.002	0.001	сл.	0.001	0.001	-	0.001	0.002	сл.	сл.	0.004	сл.	0.03	0.00
Cu	0.001	сл.	0.05	0.018	0.009	0.055	0.001	0.013	0.001	0.003	0.001	0.003	0.046	сл.	0.01	0.013	0.013	0.013	0.01
al'	1.60	1.73	1.60	1.39	1.31	1.88	1.79	1.50	1.54	1.59	1.52	1.82	2.06	2.19	2.05	1.63	1.88	2.02	1.97
Na ₂ O/K ₂ O	1.10	1.66	1.03	1.84	1.58	2.05	1.75	1.42	1.33	0.97	1.60	1.11	1.03	0.93	0.75	0.93	0.83	0.86	1.09
K _{fe}	55.02	54.58	59.83	54.52	53.47	51.35	53.04	50.31	48.84	47.99	63.47	44.36	54.92	53.04	59.81	54.79	59.48	60.66	53.7
K _{Mg}	44.98	45.42	40.17	45.48	46.53	48.65	46.96	49.69	51.15	52.01	36.53	55.64	45.08	46.95	40.19	45.21	40.52	39.33	46.2
K _ш	20.94	22.36	23.68	24.57	16.78	20.91	14.97	20.00	19.53	25.04	18.32	27.67	27.22	20.83	25.74	21.22	24.92	25.25	25.1
M/F	1.51	1.55	1.24	1.52	1.56	1.70	1.65	1.83	1.95	1.95	1.08	2.29	1.52	1.61	1.21	1.55	1.25	1.19	1.56

Примечание: диориты Еланского месторождения: 1-7841/372,1; 2-7606/332,5; 3-7823/294,3; 4-7907/634,0; 5-7901/500,0; 6-7932/333,7; 7-7822/302,8; 8-7838/365,7; 9-7931/283,4; 10-7836/473,6; 11-7606/333,6; 12-7831/337,3; 13-7606/332,5; 14-7838/345,8; 15-7820/289,0; 16-7838/292,9; 17-7606/337,5; 18-7931/444,3; 19-7932/434,7; 20-7838/271,2; 21-7606/268,1; 22-7901/625,0; 23-7836/341,0; 24-7838/370,6; 25-7821/330,0; 26-7932/326,9; 27-7932/292,3; 28-7905/557,3; 29-7931/427,4; 30-7841/372,1; 31-7606/266,5; 32-7934/402,5; 33-7822/325,8; 34-7822/334,0; 35-7823/337,3; 36-7606/268,5; 37-7822/325,8.

вая, микрографическая) биотит-кварц-плагиоклаз-калишпатовой основной массе двух разновозрастных, кристалломорфологически резко отличных типов вкрапленников ортопироксена и плагиоклаза (\pm биотит) и разнообразных по составу ксеногенных микрообломков и включений; в) сравнительно от-

четливо выраженную комплементарность парагенезисов породообразующих, рудных и аксессуарных минералов и распределение петрогенных компонентов (в том числе нелинейный характер распределения MgO и SiO₂) и элементов-примесей жильных норит-порфириров и норитов интрузивной фации

Таблица 8

Химический состав (мас.%) гранодиоритов бобровского и еланского комплексов

	Бобровский комплекс						Еланский комплекс				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	67.80	68.86	66.78	68.82	64.95	67.64	66.20	66.94	68.06	66.76	67.40
TiO ₂	0.51	0.37	0.38	0.62	0.22	0.36	0.43	0.75	0.28	0.42	0.21
Al ₂ O ₃	14.15	13.78	14.90	13.29	14.63	14.24	14.23	14.56	13.29	13.41	14.61
Fe ₂ O ₃	0.97	0.98	1.06	0.97	1.13	0.47	1.56	0.91	1.03	1.14	0.85
FeO	3.42	2.85	1.97	4.68	4.40	4.46	2.52	2.49	2.61	2.13	2.61
MnO	0.06	0.05	0.04	0.10	0.09	0.07	0.03	0.06	0.04	0.08	0.03
MgO	1.74	1.92	1.61	1.03	1.78	1.73	3.25	2.61	2.45	2.98	3.04
CaO	1.81	4.01	4.40	2.30	3.73	3.20	2.83	2.22	2.55	3.04	3.02
Na ₂ O	4.30	4.20	4.20	4.60	3.96	3.10	3.60	3.40	3.20	3.30	3.50
K ₂ O	3.60	2.40	3.00	3.80	2.66	4.00	4.30	4.00	4.60	4.10	4.10
P ₂ O ₅	0.28	0.16	0.23	0.07	0.21	0.27	0.22	0.24	0.09	0.16	0.11
SO ₃ (S _{общ.})	0.33	(0.18)	(0.09)	(0.09)	0.49	0.27	0.15	(0.08)	(0.38)	0.72	0.43
П.П.П.	1.22	0.76	0.23	0.50	1.55	0.44	1.11	1.06	1.56	2.04	0.95
Сумма	100.19	100.52	98.89	100.87	99.78	100.25	100.43	99.32	100.14	100.28	100.86
Ni	сл	0.03	0.009	-	0.008	0.003	0.030	0.02	0.004	0.03	0.236
Co	сл	сл	-	-	0.004	0.001	0.010	сл	-	0.003	0.002
Cu	сл	0.08	0.01	-	0.014	0.01	0.002	0.01	сл	0.012	0.06

Примечание: 1-6-гранодиориты бобровского комплекса: 1-Подкоподновская, 708а/146,3; 2-3-Юбилейная, 295а/215,0; 284а/159,9; 4-Нижнемамонская, 2605/377,2; 5-Артюховская, 6966/360,5; 6-Ширяевская, 7227/956,0; 7-11-гранодиориты еланского комплекса: Еланское месторождение 7-7918/323,4, 8-7822/325,8, 9-7823/278,6, 10-7839/493,0, 11-7821/274,0.

при отчетливо выраженной тенденции смещения составов норит-порфириров и их породообразующих минералов в область повышенной кремнеземистости, щелочности, относительной железистости при одновременном снижении количественной роли MgO, Cr₂O₃ и других элементов [6].

Жильные породы среднего состава, включающие многочисленные разновидности кварцевых диоритов (биотит-роговообманковые и биотитовые пироксен- и микроклинсодержащие, биотитовые, биотитовые микроклин- и роговообманковосодержащие и др.; табл.7), а так же гранодиоритов, отличаются [2] резко возрастающей щелочностью (Na₂O+K₂O=5,7-7,6%; Кщ=19,8-32,9), пересыщенностью кремнеземом (62<SiO₂<67,1%), и несколько повышенной магниальностью (2,9<MgO<5,9%). На диаграмме А-F-М диориты и гранодиориты еланского комплекса совместно с гранитоидами бобровского типа (табл. 8) занимают самую крайнюю позицию сингенетического ряда известково-щелочной серии (см.рис. 2).

Таким образом, жильные породы, являющиеся одним из существенных структурно-вещественных компонентов еланского комплекса, отличаются высокой степенью комплементарности с интрузивными комагматами по химическому составу,

характеризуются направленным (гомодромным) изменением основных петрохимических признаков в процессе длительного, многофазного становления никеленосной рудномагматической системы еланского типа. В целом во всех случаях жильные породы, по сравнению с главным объемом продуктов кумулозной кристаллизации, отличаются пониженной основностью, повышенными концентрациями SiO₂, Al₂O₃, щелочей и несколько возрастающей ролью среди них калия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышова М.Н. Минералого-петрохимические особенности дайковых пород никеленосных интрузий Воронежского массива. // Матер. Всесоюзной научной студенческой конфер. "Студент и научно-технический прогресс". - Новосибирск, 1979. -С.89-97.
2. Чернышова М.Н. Петрохимические группы диоритов никеленосных интрузий ВКМ // Петрология и металлогения магматических и метаморфических комплексов КМА и смежных районов. -Воронеж, 1983. -С.102-114.
3. Чернышова М.Н. Особенности состава сульфидного медно-никелевого оруденения Центрального рудопроявления в связи с проблемой формационно-генетической принадлежности рудовмещающих пироксенитов. // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1999. -№7. -С.120-127.

4. Чернышова М.Н. Дайки мамонского никеленосного комплекса и их соотношение с оруденением (ВКМ). - Воронеж, 1999. -121 с.
5. Чернышов Н.М., Переславцев А.В., Молотков С.П., Чернышова М.Н. Новый тип никеленосной формации в докембрии Воронежского кристаллического массива // Изв. АН СССР. Сер. геол. -1991. -№9. -С.111-124.
6. Чернышова М.Н. О генетической природе жильных норит-порфириров еланского никеленосного комплекса // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1997. -№3. -С.65-76.
7. Бочаров В.Л., Фролов С.М., Чернышов Н.М. Строение и состав Еланского никеленосного плутона в краевой части Воронежского кристаллического массива // Изв. вузов. Геол. и разведка. -1986. -№4. -С.10-20; -№5. -С.42-49.
8. Уэйджер Л.П., Браун Г. Расслоенные изверженные породы -М., 1970. -551 с.
9. Chen C.F., Turner J.S. Crystallization of double-diffusive system // J. Geophys. Res. -1980. -V.85. -P.2573-2593.
10. Modern methods of igneous petrology: understanding magmatic processes (ed. J. Nikkols, J.K. Russel) // Reviews in mineralogy. -1990. -V. 24. -314 p.
11. Tait S.R., Huppert H.E., Sparks R.S. The role of compositional convection in the formation of adcumulus rocks // Litos. -1984. -V.17. -P.136-146.
12. Leshner C.E., Walker D. Cumulate maturation and melt migration in a temperature gradient // J. Geophys. Res. -1988. -V. 93, №89. -10295 p.
13. Peterson J.S. Solidification contraction: another approach to cumulus processes and the origin of igneous layering // Origins of igneous layering, by Reidel Publishing Company. -1987. -505p.
14. Чернышова М.Н. Дайки никеленосных комплексов Воронежского кристаллического массива (формационно-генетические типы и пространственно-временные соотношения) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1996. -№1. -С. 50-60.