

5. Floran. R. J., Papike J. J. Mineralogy and petrology of the Gunflint Iron Formation, Minnesota-Ontario: correlation of compositional and assemblage variations at low to moderate grade // *J. Petrol.* -1978. -V. 19. -P. 215-288.
6. Frost B. R. Metamorphism of iron-formation: Parageneses in the system Fe-Si-C-O-H // *Econ. Geol.* -1979. -V. 74. -P. 775-785.
7. Miyano T., Klein C. Phase relations of orthopyroxene, olivine, and grunerite in high-grade metamorphic iron formation // *Amer. Mineral.* 1983. V.68. -P. 699-716.
8. Klein C., Gole M. J. Mineralogy and petrology of parts of the Marra Mamba Iron-Formation, Hamersley Basin, Western Australia // *Amer. Mineral.* -1981. -V. 66. -P. 507-525.
9. Савко К.А. Фаялит-грюнерит-магнетит-кварцевые породы железистой формации ВКМ: фазовые равновесия и условия метаморфизма // *Петрология.* 1994. Т.2, № 5. С. 540-550.
10. Фонарев В.И. Минеральные равновесия железистых формаций докембрия. -М., 1987. -296 с.
11. Evans B. W., Chiorso M. S. Thermodynamics and petrology of cummingtonite // *Amer. Miner.* -1995. -V. 80, № 7/8. -P. 649-663.
12. Савко К.А. Гранулиты Воронежского кристаллического массива: петрология и эволюция метаморфизма // Воронеж, 1999. -130 с.
13. Щеголев И.Н. Железорудные месторождения докембрия и методы их изучения. -М., 1985. -196 с.
14. Shumacher J. C. The estimation of ferric iron in electron microprobe analysis of amphiboles // *Eur. J. Mineral.* -1997. -V. 9. -P. 643-651.
15. Fonarev V.I., Graphikov A.A., Konilov A.N. A consistent systems of geothermometers for metamorphic complexes // *Int. Geol. Review.* -1991. -V. 33, №8. -P. 743-783.
16. Wones, D. R. Phase equilibria of "ferriannite",  $KFe_3^{+2}Fe^{+3}Si_3O_{10}(OH)_2$  // *Amer. J. Sci.* -1963. -V. 261. -P. 581-596.
17. Miyano T., Miyano S. Ferri-annite from the Dales George Member iron-formations, Wittenoom area, Western Australia // *Amer. Mineral.* -1982. -V. 67. -P. 1179-1194.
18. Miyano T., Beukes N. J. Mineralogy and petrology of the contact metamorphosed amphibole asbestos-bearing Penge iron formation, Eastern Transvaal, South Africa // *J. Petrol.* -1997. -V. 38, №5. -P. 651-676.
19. Судовикова Е.Н. Зеленая слюда железорудной толщи КМА // *Зап. ВМО.* -1956. Ч. 85, вып. 4. -С.543-549.
20. Илларионов А.А. Петрография и минералогия железистых кварцитов Михайловского месторождения Курской магнитной аномалии. -М., 1965. -164 с.
21. Rieder M., et. al. Nomenclature of the micas // *Miner. Mag.* -1999. -V. 63(2). -P. 267-279.
22. Фостер М.Д. Зеленая слюда железорудной толщи Курской магнитной аномалии // *Зап. ВМО.* -1959. -Ч. 88, вып. 6. -С. 729-730.
23. Robinson P., Spear F.S. et. al. Phase relations of metamorphic amphiboles: natural occurrence and theory // *Reviews in mineralogy.*-1982. -V. 9b. -P. 3-227.
24. Klein C. Mineralogy and Petrology of the metamorphosed Wabush iron formation, south-western Labrador // *J. Petrol.*, 1966. -V. 7. -P. 246-305.
25. Leake B.E., Woolley A.R., and 20 members of the Subcommittee on Amphiboles. Nomenclature of amphiboles. Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names // *Eur. J. Mineral.* -1997. -V. 9. -P. 623-651.
26. Кориковский С.П. Фации метаморфизма метапелитов. -М., 1979. -260 с.
27. Miyano T. Effect of CO<sub>2</sub> on mineralogical differences in some low-grade metamorphic iron formations // *Geochem.* -1978. -V. 12. -P. 211.
28. Поскрякова М.В. Фазовые равновесия на границе зеленосланцевой и ставролитовой фаций метаморфизма на примере Михайловского рудного района КМА // *Вестн. Воронеж. ун-та. Геология.* 2001. Вып. 11. -С.122-131.

УДК 552.321,4(470.324)

## ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖИЛЬНЫХ ПОРОД СЕМЕЙСТВА ДИОРИТОВ МАМОНСКОГО И ЕЛАНСКОГО НИКЕЛЕНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВКМ (сравнительный анализ)

**М.Н.Чернышова**

*Воронежский государственный университет*

Впервые установлены граничные петрохимические признаки жильных (дайковых) пород мамонского и еланского никеленосных комплексов, интрузивные ультрамафитовые и мафитовые дифференциаты которых сопровождаются разнотипными по составу, ресурсам и запасам сульфидными платиноидно-медно-никелевыми месторождениями и рудопроявлениями. Эти признаки жильных пород выступают в качестве одного из критериев в оценке формационной принадлежности и потенциальной рудоносности вмещающих их интрузий.

Жильная (дайковая) фация пород семейства диоритов является наиболее существенным структурно-вещественным элементом мамонского (2100-2080±15 млн.лет [1]) и еланского (2060-2050±14 млн.лет [2]) никеленосных комплексов, завершая,

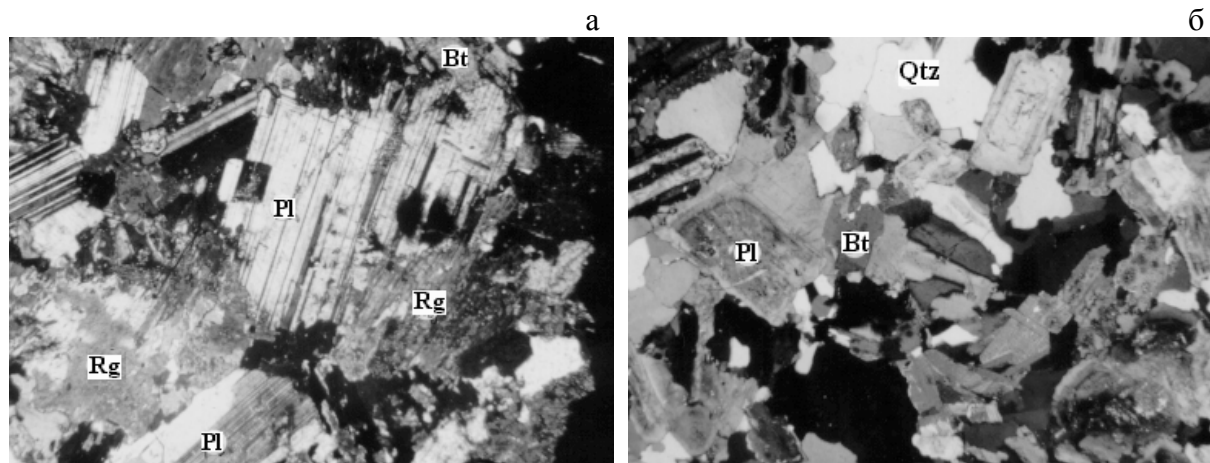
как правило, их становление. Принадлежность к различным по возрасту, составу и формационной принадлежности мамонскому дунит-перидотит-пироксенит-габбронорит-габбровому и еланскому ортопироксенит-норит-диоритовому комплексам от

Таблица 1

Сравнительная характеристика некоторых граничных признаков жильных пород семейства жильных диоритов мамонского и еланского никеленосных комплексов

Типовые признаки	Мамонский комплекс	Еланский комплекс
1. Распространенность	Определяется структурно-вещественным типом интрузивов (в относит.%): мамонский тип 27,3% ширяевский тип 34,1% елань-вязовский тип 22,8% каменский тип 52,3%	Широко развиты среди норит-диоритовых интрузий (до 17%) и ограниченно среди существенно норитовых интрузий.
2. Виды и разновидности	<b>1. Габбродиориты</b> Pl50-67(58), Rg10-30(24), Prx5-20(10), Bt3-10(8,5) <b>2. Диориты:</b> а) кварцевые (отн.%) Pl 55-80(69), Bt 15-30(21)±КПШ(1); б) биотитовые кварцсодержащие и кварцевые Pl 51-87(70), Bt 8-35(15), Qtz 3-20(12)±Mik; в) биотит-роговообманковые Pl 50-80(70), Bt 5-20(10), Rg 10-30(17)±Mik; г) роговообманково-биотитовые Pl 60-75(64), Bt 15-30(20), Rg 10-20(15); д) кварцсодержащие биотит-роговообманковые Pl 40-65(63), Bt 3-15(12), Rg 15-30(20), Qtz 2-7(4); е) кварцевые биотит-роговообманковые Pl 51-70(60), Bt 5-15(8), Rg 15-20(17), Qtz 5-15(13); ж) кварцевые роговообманково-биотитовые Pl 45-80(57), Bt 15-30(18), Rg 5-15(10), Qtz 8-30(15); <b>3. Диоритовые порфириды:</b> а) основная масса Qtz+КПШ± Bt, Rg-40; б) вкрапленники Pl 35-40, Rg 25-30, ±Bt, Qtz.	<b>1. Кварцевые КШ – содержащие диориты:</b> а) биотитовые Pl 54-70(67), Bt 15-25(16), Qtz 8-20(15); б) пироксенсодержащие микроклин-биотитовые Pl 35, Bt 20, Prx 5, КПШ 20; в) роговообманковосодержащие Pl 50-65(62), Bt 10-20(17)± Rg; г) роговообманковосодержащие-биотитовые Pl 54-72(61), Bt 10-25(17), Qtz 10-20(16); д) роговообманково-биотитовые Pl 54-72(61), Bt 10-25(17), Qtz 10-20(12); е) биотитовые микроклинсодержащие Pl 52-72(58), Bt 15-25(20), Qtz 10-25(17), КПШ 3; ж) биотитовые микроклин и роговообманковосодержащие Pl 55-70(59), Bt 10-20(15), Qtz 15-20(17); з) микроклин-биотитовые и роговообманковосодержащие Pl 62-65(63), Bt 10-25(17), Qtz 10-15(12), КПШ 10-12(10); <b>2. Диоритовые порфириды:</b> а) основная масса Qtz, Bt, КПШ 3(35); б) вкрапленники Pl 40-48, Bt 18-20, Qtz 5-8, ±Rg
3. Ведущие минеральные парагенезисы и их состав	<b>Pl</b> а) идиоморфные полизональные (An <sub>45-50</sub> - ядро, An <sub>25-35</sub> -краевая часть), б) таблитчато-призматические крупнокристаллические – в мамонском типе; An <sub>30</sub> - в ширяевском и каменском типе; <b>Amf</b> 3-х разновидностей: тремолит-актинолит, обыкновенная (бурая) и количественно преобладающая зеленая роговая обманка f-15-52 мол.%; <b>Prx</b> диопсид (En <sub>49</sub> Wo <sub>42</sub> Fs <sub>9</sub> ), бронзит (Fs <sub>23-28</sub> ), иногда гиперстен (Fs <sub>47</sub> ); <b>КПШ</b> в единичных случаях ортоклаз.	<b>Pl</b> а) идиоморфные таблитчатые зональные (An <sub>35-25</sub> - ядро, An <sub>23-20</sub> -краевая часть), б) мелкозернистые и лейстовидные выделения An <sub>20-40</sub> ; <b>Amf</b> умеренномагнезиальная (f-30 мол.%) зеленая и бледнозеленая Rg; <b>Prx</b> редкий ромбический (бронзит-гиперстен Fs <sub>28-30</sub> мол.%) и моноклинный диопсид-авгит En <sub>45</sub> Wo <sub>47</sub> Fs <sub>8</sub> -En <sub>38</sub> Wo <sub>40</sub> Fs <sub>22</sub> ; <b>КПШ</b> типичный минерал диоритов ксеноморфные и таблитчато-решетчатые кристаллы микроклина; <b>Bt</b> умеренно магнезиальный флогопит (f-32-37 мол.%).
4. Акцессорные и рудные минералы	Циркон-апатит-сульфидно (пирротин, пирит, халькопирит, пентландит)-оксидная (магнетит-титаномагнетит±хромшпинелиды).	Циркон-апатит-периклаз-оксидно (магнетит, титаномагнетит, ильменит±бадделлит, хромшпинелиды)-сульфоарсенид-сульфидная (пирит, пирротин, халькопирит, сульфоарсениды Fe, Ni, Co).
5. Признаки рудоносности	Диориты рудоносных интрузий обогащены пиритом (52 г/т), халькопиритом (6,2 г/т), арсенопиритом (4,5 г/т), магнетитом (1440 г/т).	Пирит (26,9 г/т), пирротин (805,6 г/т), халькопирит (3243,0 г/т), пентландит, галенит, кобальтин, молибденит.

Примечание: Pl-плагиоклаз, Amf-амфиболы, Prx-пироксены, КПШ-калиевый полевоы шпат, Bt-биотит, Qtz-кварц; Ro – роговая обманка, Pl=55-80(69) – первые две цифры пределы колебаний содержания минерала, цифра в скобках – среднее содержание.



**Рис.1. Жильные диориты мамонского (а) и еланского (б) комплексов:** а - диорит роговообманково-биотитовый (Юбилейное рудопроявление, скв.284а; Ник.+; увел. в 30 раз; Pl-плагиоклаз, Bt-биотит, Rg-роговая обманка); б - диорит кварц-биотитовый (Еланское месторождение, скв.7606/102; Ник.И; увел. в 30 раз; Pl-плагиоклаз, Bt-биотит, Qtz-кварц).

четливо прослеживается в минералого-петрографических особенностях и петрогеохимическом облике жильных пород семейства диоритов.

### Распространенность, типы и разновидности жильных пород семейства диоритов мамонского и еланского комплексов

Семейство диоритов [3] относится к числу наиболее распространенных жильных образований всех структурно-вещественных типов интрузий как мамонского, так и еланского комплексов, слагаемые различные по мощности (от 0,1-0,5 м до 50-60 м), протяженности (от первых десятков метров до 1,5-2 км) и морфологии (простые и сложноветвящиеся, кольцевые и дугообразные) петрографически однородные и сложнопостроенные петрографически неоднородные, включая своеобразные «эруптивные» тела, в которых диориты обогащены ксенолитами вмещающих их пород.

Анализ количественной распространенности жильных диоритов мамонского комплекса выявляет отчетливую зависимость от принадлежности вмещающих их интрузий к определенным структурно-вещественным типам [5,6]. В частности, в ряду интрузий с последовательно увеличивающихся в них ролью мафитов (мамонский ультрамафитовый → елань-вязовский и ширяевский ультрамафит-мафитовый → каменский мафитовый тип, завершающий становление мамонского комплекса) наблюдается отчетливая тенденция возрастания количества даек диоритов и диоритовых порфиритов (от 21,8% в мамонском до 52,3% в каменском типе от суммы всех даек; табл.1). Исключительно высокая роль жильных пород семейства диоритов в составе еланского комплекса отражает существенную роль в его составе диоритов завершающей интрузивной фации (см.табл.1).

Принадлежность жильных диоритов к определенным никеленосным комплексам, а в пределах

комплексов к определенным структурно-вещественным типам отчетливо проявляется в их минералого-петрографическом составе, структурно-текстурном облике (рис.1), многообразии видов и разновидностей, в особенностях минеральных парагенезисов породообразующих, рудных и аксессуарных минералов (см.табл.1).

Для мамонского комплекса характерны жильные диориты, среди которых ведущая роль принадлежит роговообманково-биотитовым и биотит-роговообманковым разновидностям, иногда кварцсодержащим. Дайки диоритов еланского комплекса являются кварцевыми, калишпатсодержащими, а среди темноцветных минералов существенная роль принадлежит биотиту (см.табл.1).

### Петрохимические особенности дайковых пород семейства диоритов мамонского и еланского комплексов

Специфика петрографического и минерального состава жильных пород семейства диоритов мамонского и еланского никеленосных комплексов с той же мерой отчетливости проявляется в их петрохимических особенностях, выступающих одним из существенных параметров индикаторных граничных признаков, используемых при определении формационной принадлежности интрузий и оценки их потенциала на цветные и благородные металлы [5-7].

Для сопоставления петрохимических особенностей жильных пород семейства диоритов мамонского и еланского никеленосных комплексов было использовано 69 авторских анализов (табл.2,3). Сопоставление пород по ведущим петрогенным компонентам выявляет в целом повышенные содержания  $\Sigma\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$  (6,39-10,60 мас.%), CaO (3,02-9,09 мас.%),  $\text{TiO}_2$  (до 1,86 мас.%) и пониженные –  $\text{SiO}_2$  (53,48-61,20 мас.%),  $\Sigma\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (2,24-6,6 мас.%),  $\text{SO}_3$  (0,10-0,38 мас.%) в жильных диоритах мамон-

Таблица 2

## Химический состав (мас.%) жильных пород семейства диоритов мамонского комплекса

Типы	Биотитовые диориты				Биотит-роговообманковые и роговообманково-биотитовые диориты											
	мамон-ский	ширяевский	каменский		мамонский						ширяевский		каменский			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO <sub>2</sub>	55.24	53.74	55.94	55.44	55.84	56.00	56.30	57.67	61.20	58.93	55.56	53.48	56.42	53.92	54.88	55.35
TiO <sub>2</sub>	1.86	1.22	0.54	0.90	1.05	0.95	0.55	0.56	0.36	0.36	0.88	1.37	0.96	0.55	0.70	1.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.90	17.34	16.39	14.71	17.87	17.21	15.15	14.18	16.80	15.01	16.67	14.96	13.89	16.60	16.00	16.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.77	0.46	1.55	1.84	1.26	0.72	1.41	1.81	0.70	0.97	2.80	1.63	4.82	2.36	1.32	1.25
FeO	7.56	8.86	7.60	7.13	6.41	8.43	6.16	7.85	5.69	6.05	5.12	8.50	5.78	7.67	8.64	9.17
MnO	0.06	0.03	0.05	0.03	0.09	0.08	0.04	0.07	0.08	0.06	0.07	0.03	0.04	0.04	0.07	0.05
MgO	3.92	4.54	4.61	6.45	3.30	3.72	6.08	4.28	3.73	4.24	4.52	5.20	4.88	4.95	4.38	4.37
CaO	6.36	7.72	6.28	7.16	5.75	6.34	9.09	6.50	3.02	5.91	6.67	7.68	8.34	7.38	6.57	5.58
Na <sub>2</sub> O	2.60	3.90	1.76	2.80	4.85	2.80	0.84	3.00	3.00	4.72	3.45	3.60	3.40	2.90	3.00	1.71
K <sub>2</sub> O	2.70	0.60	2.60	1.76	1.75	1.60	1.44	2.26	2.50	0.97	2.40	1.40	1.00	1.53	1.48	3.06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.64	0.39	0.54	0.27	0.43	0.36	0.16	0.30	0.80	0.55	0.57	0.59	0.41	0.15	0.37	0.30
SO <sub>3</sub> (S)	0.38	0.12	0.21	0.43	0.22	0.69	0.50	0.14	0.27	0.13	0.10	0.41	0.22	0.17	0.23	0.24
П.П.П.	1.61	0.35	0.94	0.25	0.79	1.77	1.97	1.02	1.83	1.42	1.52	1.88	0.18	1.60	2.09	2.33
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.06	0.12	0.27	-	0.17	0.24	0.33	0.04	н.о.	н.о.	н.о.	0.10	0.10	0.22	0.10	0.32
Сумма	99.66	99.39	99.28	99.17	99.78	100.91	100.02	99.68	99.98	99.32	100.33	100.83	100.44	100.00	99.83	101.15
Ni	0.008	0.010	0.008	0.009	0.008	-	0.002	0.004	н.о.	н.о.	н.о.	0.007	0.05	0.02	0.004	0.003
Co	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	-	0.002	0.003	н.о.	н.о.	н.о.	0.002	сл	0.003	0.003	0.002
Cu	0.005	0.006	0.01	0.017	0.008	-	0.002	0.005	н.о.	н.о.	н.о.	0.010	0.01	0.012	0.009	0.009
Петрохимические коэффициенты																
Na <sub>2</sub> O/ K <sub>2</sub> O	0.963	6.5	0.687	1.591	2.771	1.75	0.583	1.327	1.2	4.865	1.438	2.571	3.4	1.895	2.027	0.559
al'	1.298	1.251	1.191	0.954	1.629	1.337	1.11	1.017	1.66	1.333	1.34	0.976	0.897	1.108	1.116	1.102
K <sub>Mg</sub>	32	32.76	33.50	41.83	30.08	28.90	44.54	30.70	36.86	37.66	36.33	33.92	31.52	33.04	30.54	29.55
K <sub>Fe</sub>	68	67.24	66.50	58.17	69.92	71.10	55.46	69.30	63.14	62.34	63.67	66.08	68.48	66.96	69.46	70.45
K <sub>ш</sub>	15.36	11.56	11.97	12.23	19.08	12.08	6.02	15.19	18.37	17.68	16.35	13.17	11.67	11.37	12.14	13.01

Продолжение таблицы 2

Типы	Кварцсодержащие, кварц-биотит-роговообманковые и кварц-роговообманково-биотитовые диориты											Диоритовые порфириды				
	мамонский				ширяевский		каменский					мамонский				
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
SiO <sub>2</sub>	54.33	56.34	56.08	54.64	59.32	57.30	54.41	53.75	54.61	55.92	54.10	55.98	56.33	56.71	56.95	58.79
TiO <sub>2</sub>	0.63	0.72	1.03	0.58	0.95	0.83	0.43	0.46	0.37	0.75	0.63	0.86	0.98	0.92	0.51	0.68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.86	14.20	14.40	15.79	17.00	15.80	16.00	16.30	16.12	12.78	14.92	14.08	14.98	14.58	16.93	14.53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.55	1.81	3.13	1.06	1.11	1.57	1.63	1.08	1.75	2.65	1.75	1.18	0.71	1.94	0.86	0.15
FeO	5.35	7.39	5.55	6.98	6.99	6.77	7.42	7.27	7.86	6.35	8.00	7.32	7.52	6.70	5.09	8.35
MnO	0.07	0.08	0.02	0.09	0.08	0.03	0.08	0.06	0.09	0.09	0.08	0.13	0.12	0.08	0.14	0.10
MgO	5.64	6.35	6.44	6.03	3.75	4.26	6.07	4.69	6.26	5.96	5.13	8.20	4.30	5.32	5.63	4.59
CaO	8.95	7.57	7.80	9.59	3.18	7.01	6.64	7.14	6.70	6.22	6.34	5.44	5.66	8.08	4.47	5.01
Na <sub>2</sub> O	5.00	3.20	3.20	2.80	2.40	1.50	2.26	3.92	3.05	3.80	3.13	2.64	5.35	3.00	4.90	3.36
K <sub>2</sub> O	0.80	1.50	1.30	1.40	3.00	3.50	1.55	1.88	1.05	2.80	1.30	1.52	2.80	2.00	1.00	1.99
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.34	0.36	0.21	0.30	0.30	0.18	0.24	0.22	0.29	0.38	0.22	0.37	0.39	0.31	0.20
SO <sub>3</sub> (S)	(0.19)	(0.18)	0.14	0.15	0.32	0.08	0.22	0.13	0.21	0.40	0.41	(0.20)	0.10	0.57	0.01	0.01
П.П.П.	0.42	0.96	1.18	0.60	1.40	0.30	2.25	3.12	1.00	1.41	3.68	0.31	0.72	0.49	2.32	1.51
H <sub>2</sub> O	0.10	0.16	0.21	0.20	0.02	0.17	0.21	0.33	0.09	0.12	0.14	0.02	0.02	0.14	0.16	0.11
Сумма	100.06	100.80	100.84	100.12	99.82	99.42	99.35	100.37	99.38	99.54	99.99	99.71	99.96	100.92	99.28	99.38
Ni	сл	сл	0.004	0.001	0.015	0.01	0.1	0.02	0.06	0.05	0.004	0.015	0.005	0.06	0.07	0.01
Co	сл	0.01	0.002	0.001	0.001	0.04	0.008	0.003	-	0.001	0.003	0.006	0.005	0.01	0.005	0.005
Cu	-	сл	0.006	0.025	0.009	0.007	0.007	0.007	0.01	0.02	0.009	0.004	0.006	0.08	0.025	0.004
Петрохимические коэффициенты																
Na <sub>2</sub> O/ K <sub>2</sub> O	6.25	2.133	2.462	2	0.8	0.429	1.458	2.085	2.905	1.357	2.408	1.737	1.911	1.5	4.9	1.688
al <sup>+</sup>	1.344	0.913	0.952	1.122	1.435	1.254	1.059	1.25	1.016	0.854	1.003	0.843	1.196	1.044	1.462	1.11
K <sub>Mg</sub>	44.98	40.84	42.59	42.86	31.65	33.81	40.15	35.97	39.45	39.84	34.48	49.10	34.32	38.11	48.62	35.06
K <sub>Fe</sub>	55.02	59.16	57.41	57.14	68.35	66.19	59.85	64.03	60.55	60.16	65.52	50.90	65.68	61.89	51.38	64.94
K <sub>ш</sub>	15.12	12.59	12.06	10.65	16.86	14.12	10.09	15.90	10.60	19.43	12.26	11.49	24.57	13.65	17.89	16.40

Примечание: **1-2-диориты биотитовые среди интрузий мамонского типа:** 1-Садовская, 7203/473,6; 2-Н.Мамонская, 559а/82,0 (по [7]); **2-биотитовый диорит ширяевского типа:** Ширяевская, 7227/526,8; **3-4-диориты биотитовые каменского типа:** 3-Мечеткинская, 511а/94,2; 4-Красносельская, 403с/172,0; **5-11-биотит-роговообманковые и роговообманково-биотитовые диориты среди интрузий мамонского типа:** 5-Н.Мамонская, 419а/264,9; 6-7-Юбилейная, 292а/(136,0; 311,8); 8-Хреновская, 389а/132,5; 9-10-Подколонновская, 708а/178,8 и 726а/140,5; 11-Н.Мамонская, 200а/591,5; **12-13-биотит-роговообманковые диориты ширяевского типа:** Ширяевская, 7224/479,0; 7169/807,1; **14-16-биотит-роговообманковые и роговообманково-биотитовые диориты каменского типа:** 14-15-Пузевская, 458а/166,0 и 172,0; 16-Донская, 705а/447,3; **17-20- кварцсодержащие и кварц-биотит-роговообманковые и кварц-роговообманково-биотитовые диориты среди интрузий мамонского типа:** 17-18-Подколонновская, 726а/153,0 и 155,0; 19-Юбилейная, 295а/278,4; 20-Садовская, 7008/547,5; **21-22- кварцсодержащие и кварц-биотит-роговообманковые и кварц-роговообманково-биотитовые диориты ширяевского типа:** Ширяевская, 7224/473,0 и 415с/253,4; **23-27- кварцсодержащие и кварц-биотит-роговообманковые и кварц-роговообманково-биотитовые диориты каменского типа:** 23-24-Мечеткинская, 509а/100,0 и 104,0; 26-Пузевская, 458а/197,5; 27-Александровско-Сергеевская, 493а/235,6; 28-Пузевская, 458а/194,0; **29-33-диоритовые порфириды среди интрузий мамонского типа:** 28-Песковатская, 6902/113,0; 29-Н.Мамонская, 2605/390,5; 30-Песковатская, 6902/173,0; 31-Астаховская, 6908/239,6; 32-Артюховская, 320а/232,0.

Таблица 3

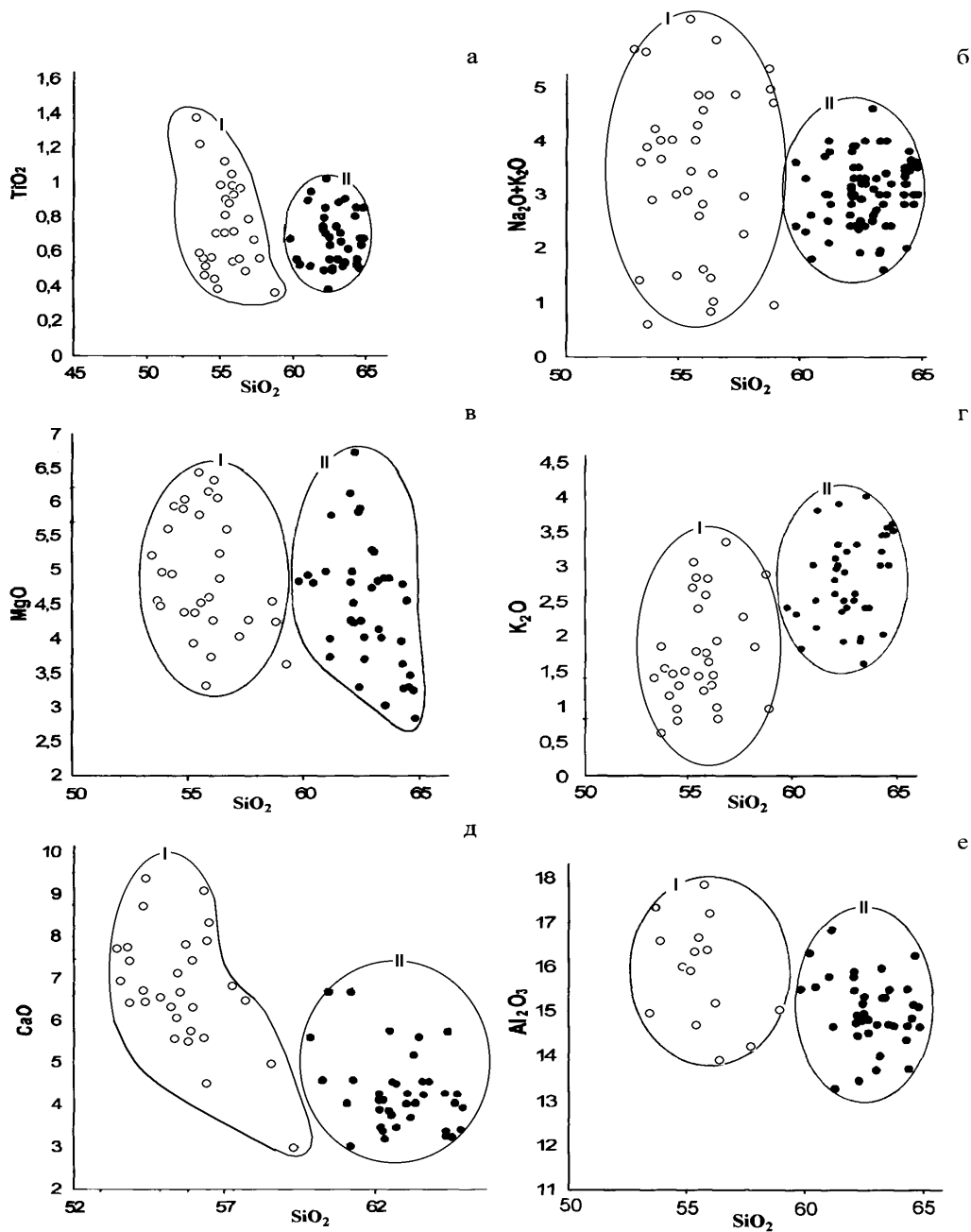
## Химический состав жильных кварцевых диоритов еланского комплекса

	Биотит-роговообманковые и биотитовые пироксен- и мик- роклинсодержащие							Биотитовые и роговообманково-биотитовые										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	н.о.	н.о.	н.о.	0.01	н.о.	-	н.о.	-	-	-	-	-	0.01	-	0.01	н.о.	0.1	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	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 <sub>3</sub>	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	100.58	100.81	100.98	99.25	100.48	99.78	99.64	99.59	99.66	99.92	99.85	100.51	99.78	100.06	99.66	99.62	100.26	100.02
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
Петрохимические коэффициенты																		
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
NaOK <sub>2</sub> 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 <sub>Fe</sub>	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 <sub>Mg</sub>	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 <sub>ц</sub>	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

Продолжение таблицы 3

	Биотитовые и роговообманково-биотитовые											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 <sub>2</sub>	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	64.37
TiO <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	0.02	н.о.	-	-	-	-	-	-	н.о.	-	-	-	н.о.	-	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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	15.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	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 <sub>3</sub>	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	100.07	100.17	99.58	99.45	100.43	99.68	99.89	99.88	99.43	100.38	100.09	100.12	99.50	99.85	99.48	99.98
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	0.001
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
Петрохимические коэффициенты																			
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 <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> 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 <sub>Fe</sub>	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	53.76
K <sub>Mg</sub>	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	46.24
K <sub>Ca</sub>	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	25.11

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.



**Рис.2.** Положение полей составов жильных пород семейства диоритов мамонского и еланского комплексов на диаграммах (мас.%). а)  $TiO_2 - SiO_2$ ; б)  $Na_2O+K_2O - SiO_2$ ; в)  $MgO - SiO_2$ ; г)  $K_2O - SiO_2$ ; д)  $CaO - SiO_2$ ; е)  $Al_2O_3 - SiO_2$ ; I - поле составов диоритов мамонского комплекса, II-поле составов диоритов еланского комплекса.;  $\circ$  - диориты мамонского комплекса,  $\bullet$  - диориты еланского комплекса; исходные данные помещены в табл.2 и 3.

ского комплекса по сравнению с однотипными породами еланского комплекса. Для последних характерно: а) перенасыщенность кремнеземом ( $62,10 < SiO_2 < 67,1$  мас.%), при повышенной (для средних пород) концентрации  $SO_3$  (до 1,07 мас.%),  $MgO$  (до 6,73 мас.%); б) возрастающей роли  $K_2O$  относительно  $Na_2O$  при общей высокой щелочности ( $K_{щ}=19,8-32,9$ ); в) пониженным содержанием  $TiO_2$  (0,38-1,02 мас.%),  $Al_2O_3$  (13,25-16,27 мас.%),  $\Sigma FeO+Fe_2O_3$  (3,02-6,56 мас.%),  $CaO$  (до 6,66 мас.%).

Эти различия особенно отчетливо выступают на ряде диаграмм (рис.2), отражающих положе-

ние полей составов дайковых диоритов мамонского и еланского комплексов.

Таким образом, различные по возрасту и составу жильные породы семейства диоритов характеризуются только им присущими петрохимическими признаками. В совокупности с разнотипным составом минеральных парагенезисов (включая рудные и акцессорные) петрохимические параметры породы семейства диоритов выступают в качестве граничных признаков оценки формационной принадлежности и степени рудоносности интрузивов мамонского и еланского комплексов.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышов Н.М., Пономаренко А.Н., Бартницкий Е.Н. Новые данные о возрасте никеленосных дифференцированных плутонов Воронежского кристаллического массива // Докл. АН УССР. Сер. Б. Геол., хим. и биол. науки. - 1990. - № 6. - С. 35-39.
2. Чернышов Н.М., Баянова Т.Б., Чернышова М.Н., Левкович Н.В. Уран-свинцовый возраст еланского никеленосного комплекса Воронежского кристаллического массива // Докл. РАН. -1998. -Т.359, №1. -С.98-101.
3. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования // Ред. Н.П. Михайлов. - СПб, 1995. -129 с.
4. Чернышова М.Н. Дайки никеленосных комплексов Воронежского кристаллического массива (формационно-генетические типы и пространственно-временные соотношения // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. -1996. -№1. -С. 50-60.
5. 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.
6. Чернышова М.Н. Дайки мамонского никеленосного комплекса и их соотношение с оруденением (ВКМ).- Воронеж, 1999. -С.121.
7. Чернышова М.Н. Акцессорная минеральная ассоциация дайковых диоритов никеленосных и безрудных интрузивов ВКМ // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Западно-Сибирской платформы и ее складчатого обрамления: Тез. IV конференции. -Тюмень, -1983. -С.19-20.
8. Чернышов Н.М. Сульфидные медно-никелевые месторождения юго-востока Воронежского кристаллического массива(породы,руды, генетические особенности).-Воронеж, -1971. - 312 с.

УДК 550.93

## 3400 МЛН ЛЕТ – МИНИМАЛЬНЫЙ ВОЗРАСТ ТОНАЛИТОВ ВАСИЛЬКОВСКОГО УЧАСТКА ОРЕХОВО-ПАВЛОГРАДСКОЙ ЗОНЫ (УКРАИНСКИЙ ЩИТ)

Г.В.Артеменко, В.В.Демедюк, Т.И.Довбуш

*ИГМР НАН Украины, г.Киев*

На основании U-Pb геохронологических исследований, выполненных на Васильковском участке в северной части Орехово-Павлоградской зоны, установлен палеоархейский возраст ( $3400 \pm 25$  млн лет) тоналитов новопавловского комплекса. По петрохимическим данным и уран-свинцовым геохимическим характеристикам циркона они идентичны тоналитам Новопавловского участка и, таким образом, подтверждено широкое площадное распространение палеоархейских тоналитов новопавловского комплекса в Орехово-Павлоградской зоне.

Орехово-Павлоградская зона представляет собой грабен-синклиорий, шириной от 8 до 35 км, со сложноскладчатым внутренним строением. Эта структура расположена на западной окраине Приазовского мегаблока в зоне крупного глубинного разлома субмеридионального простирания. Комплекс метаморфических пород Орехово-Павлоградской зоны сохранился в виде крупных полосовидных останцов среди гранитоидов новопавловского комплекса [1-6]. Метаморфические породы представлены двумя формациями: нижней - метабазит-ультрабазитовой и верхней - ритмично-осадочной, которые выделяются как новопавловская и волчанская толщи (соответственно) [6]. Далее к востоку породами волчанской толщи сложена нижняя часть разреза Корсаковского синклиория, а в Западноприазовской структурно-фациальной зоне ее стратиграфическим аналогом является драгунская толща. Волчанская и драгунская толщи рассматриваются как более древние, чем центральноприазовская серия [2,4,7-9]. Детальные геохронологические исследования гранулит-гнейсовых ассоциаций ранее выполнялись только на Новопавловском участке, расположенном в южной части Орехово-Павлоград-

ской зоны. U-Pb изотопный возраст циркона из тоналитовых мигматитов Новопавловского участка, включающих ксенолиты пород новопавловской и волчанской толщ, равен –  $3670 \pm 50$  млн лет [10,11]. Сведения об архейском возрасте центральноприазовской серии появились только в последние годы. Установлено, что в гранитизированном фундаменте Косивцевской зеленокаменной структуры, биотитовые, глиноземистые и графитовые гнейсы темрюкской свиты интродированы плагиомикроклиновыми гранитами возрастом  $2970 \pm 180$  млн лет (Риздвянская куполовидная структура) [12]. В Мангушском синклиории эндербиты из гранулит-гнейсового комплекса этой структуры имеют U-Pb возраст  $2730 \pm 30$  млн лет [13].

В этом сообщении приведены результаты U-Pb геохронологических исследований на площади Васильковского участка, расположенного в северной части Орехово-Павлоградской зоны (рис.1). Он достаточно детально изучен васильковским профилем скважин и по единичным выходам в долине р.Волчьей [6]. Основными складчатыми структурами этого участка являются Волчанская антиклиналь, Преображенская синклираль и Васильковская анти-