

Я. А. Белковская, А. И. Белковский

**ТИПОХИМИЗМ И ЭВОЛЮЦИЯ СОСТАВА БИОТИТ-  
АННИТОВ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД УФАЛЕЙСКОГО И  
ИЛЬМЕНО-ВИШНЕВОГОРСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКИХ  
БЛОКОВ (СРЕДНИЙ И ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

Ya. A. Belkovskaya, A. I. Belkovskiy

**CHEMISTRY AND EVOLUTION OF COMPOSITION OF BIOTITE-  
ANNITES OF ALCALINE ROCKS FROM THE UFALEISKIY  
AND THE ILMENO-VISHNEVOGORSKIY METAMORPHIC BLOCKS  
(THE MIDDLE AND SOUTH URALS)**

Original data on thypochemical peculiarities of the black micas of the following series of rocks: plagioclasite—sienite—miaskite—miaskitic pegmatite, — are given. Concentrations of iron, titanium and aluminium in the micas increase according to the increasing of rock alcality. Only in the annites of the miaskitic pegmatites and carbonatisied miaskites concentrations of  $Al^{VI}$  are sharply decreased. These micas are tetraferriannites.

Щелочные породы Уфалейского и Ильмено-Вишневогорского метаморфических блоков являются объектами постоянного изучения многих исследователей [1, 4, 6—8, 11].

В Уфалейском блоке щелочные породы (известково-щелочные и нефелиновые сиениты) установлены среди зеленосланцевых бластомилонитов дистен-андалузитовой фациальной серии, выделенных в пределах блока в виде самостоятельной указарской тектонической пластины [3]. Характеристика сиенитов приведена в ряде публикаций [2—3], и в настоящей работе рассматриваются лишь особенности химизма черных слюд. В щелочных породах и сопровождающих их плагиоклазитах (олигоклазитах) черные слюды замещают роговую обманку и клинопироксен. По химическому составу это биотит и магниезиальный аннит (табл. 1—3). Общая железистость слюд от плагиоклазитов к нефелиновым сиенитам возрастает от 51 до 69 %, одновременно с этим возрастают концентрации титана (от 0.10 до 0.17 ф. е.) и глинозема ( $a_{Si}$  от 30 до 33 ф. е.). Увеличение общей глиноземности происходит в основном за счет  $Al_{IV}$  (табл. 2).

Таблица 1

**Химический состав (мас, %), коэффициенты  $F_{\text{общ}}$ - $f_0$  биотит-аннитов  
из щелочных пород и плагиоклазитов указарской пластины  
Уфалейского метаморфического блока**

Комп.	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	35.18	36.11	34.40	36.49	35.82	34.26	33.94	34.48
TiO <sub>2</sub>	2.30	1.80	1.77	3.02	3.00	2.25	2.45	2.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.30	15.60	17.70	17.50	15.66	18.25	18.06	17.96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.59	5.67	5.78	2.30	6.99	6.08	6.47	0.00
FeO	17.55	18.49	18.12	16.61	16.67	18.66	19.02	25.37
MnO	0.74	0.08	0.18	0.21	0.26	0.45	0.46	0.45
MgO	9.51	9.11	8.26	9.97	8.16	7.20	6.58	6.43
CaO	0.10	0.17	0.59	0.00	0.00	0.59	0.17	0.48
BaO	0.35	0.59	0.35	0.04	0.06	0.30	0.09	0.04
Na <sub>2</sub> O	0.80	0.90	0.30	0.96	0.10	0.25	0.32	0.47
K <sub>2</sub> O	8.40	7.08	8.45	9.28	9.40	8.36	9.31	8.77
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.22	3.14	3.23	2.98	3.21	3.33	3.22	3.21
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.00	0.52	0.24	0.00	0.00	0.00	0.36	0.10
F	0.46	0.36	0.27	1.00	0.00	0.33	0.18	0.22
Сумма	100.50	99.62	99.64	100.36	99.33	100.31	100.63	100.58
O=2F	0.19	0.15	0.11	0.42	0.00	0.14	0.07	0.09
Сумма	100.31	99.47	99.73	99.95	99.33	100.17	100.56	100.50
$F_{\text{общ}}$	57.1	59.2	61.3	51.2	61.2	65.3	67.9	68.90
$f_0$	0.22	0.22	0.22	0.11	0.27	0.23	0.23	0.00

*Примечания:* Биотит-анниты из: 1—3 — плагиоклазитов; 4 — известково-щелочных сиенитов; 5 — слюдитов, сопровождающих известково-щелочные сиениты; 6—8 — нефелиновых сиенитов. В анализах 4—5 дополнительно определены Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (мас, %): сл, сл и 0.009, сл, соответственно. Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ПО «Уралгеология», аналитик Н. Ф. Колосова.

$F_{\text{общ}} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} / \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO}$ ;  $f_0 = \text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ ;  $a_{\text{Si}} = \text{Al}^{\text{VI}} / \text{Al}_{\text{IV}} + \text{Si}$ ;  $a_{\text{VI}} = \text{Al}_{\text{VI}} / \text{Al}_{\text{IV}} + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mg} + \text{Ti} + \text{Mn}$

Таблица 2

**Кристаллохимические формулы, коэффициенты  $a_{\text{Si}}$ - $a_{\text{VI}}$  (ф. е.)  
биотит-аннитов из щелочных пород и плагиоклазитов**

Элементы	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Si	2.69	2.78	2.66	2.74	2.76	2.64	2.63	2.69
Al <sub>IV</sub>	1.31	1.22	1.34	1.26	1.24	1.36	1.37	1.31
Сумма	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al <sub>IV</sub>	0.16	0.19	0.26	0.3	0.18	0.29	0.26	0.33

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ti	0.13	0.1	0.09	0.17	0.17	0.12	0.14	0.15
Fe <sup>3+</sup>	0.32	0.33	0.33	0.13	0.4	0.35	0.38	0
Fe <sup>2+</sup>	1.12	1.18	1.15	1.05	1.07	1.2	1.23	1.65
Mn	0.04	0	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.03
Mg	1.08	1.04	0.94	1.12	0.93	0.83	0.76	0.74
Сумма	2.85	2.84	2.78	2.78	2.77	2.82	2.78	2.9
W <sub>k</sub>	0.15	0.16	0.22	0.22	0.23	0.18	0.22	0.1
K	0.82	0.69	0.82	0.8	0.91	0.82	0.92	0.87
Na	0.12	0.13	0.04	0.14	0.01	0.04	0.05	0.07
Ca	0	0.01	0.05	0	0.01	0.05	0.01	0
Ba	0.01	0.01	0.01	0.03	0	0.01	0	0
Сумма	0.95	0.84	0.92	0.97	0.94	0.92	0.98	0.94
ОН	1.69	1.61	1.66	1.57	1.65	1.71	1.66	1.67
F	0.11	0.09	0.06	0.24	0	0.08	0.04	0.05
Сумма	1.8	1.7	1.72	1.81	1.65	1.79	1.7	1.72
a <sub>Si</sub>	32.7	30.5	33.5	31.5	31	34	34.2	32.7
a <sub>YI</sub>	5.6	6.7	9.3	10.8	6.5	10.3	9.3	11.4

Примечания: см. таблицу 1.

Таблица 3

**Типохимизм (ф. е.) черных слюд указарской пластины Уфалейского метаморфического блока**

Элементы	1	2
Si	2.65	2.67
Al <sub>IY</sub>	1.35	1.33
Сумма	4.00	4.00
Al <sub>YI</sub>	0.29	0.22
Ti	0.14	0.13
Fe <sup>3+</sup>	0.24	0.30
Fe <sup>2+</sup>	1.36	1.11
Mn	0.02	0.01
Mg	0.78	1.02
Сумма	2.83	2.79
W <sub>k</sub>	0.17	0.21
K	0.87	0.81
Na	0.05	0.09
Ca	0.02	0.01
Ba	0.01	0.01
Сумма	0.95	0.92
ОН	1.68	1.64
F	0.06	0.10
Сумма	1.74	1.74
F <sub>общ.</sub>	67.2	58.0
f <sub>o</sub>	0.15	0.21
a <sub>Si</sub>	33.8	33.3
a <sub>YI</sub>	10.2	7.9
n	3	5

Примечания: 1 — магнезиальные анциты из нефелиновых сиенитов;  
2 — биотиты из известково-щелочных сиенитов и плагиоклазитов.

Детальное изучение магнезиально-железистых слюд щелочных пород Ильменогорско-Вишневогорского блока (табл. 5—7) выполнено рядом исследователей [1, 6—8, 11]. В фенилизированных амфиболитах с раскисленным плагиоклазом (Ильменские горы) роговая обманка замещается грязно-зеленым биотитом ( $F_{\text{общ.}} 50$ ,  $n_g 1.650$ ). В биотитовых, биотит-амфиболовых фенитах экзоконтактных зон Ильменских гор густоокрашенный высокожелезистый буро-зеленый биотит ( $F_{\text{общ.}} 63—67$ ) ассоции-

Таблица 4

Средний химический состав (мас.%) и коэффициенты  $F_{\text{общ.}}$ - $f_o$  (мол. %) биотит-аннитов из щелочных пород Уфалейского и Ильмено-Вишневогорского блоков

Комп.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	35.60	34.23	33.30	33.38	35.26	33.46	32.32	32.33	33.13	32.52
TiO <sub>2</sub>	2.37	2.43	3.90	2.85	3.69	3.42	2.26	1.40	4.43	5.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.55	18.09	15.21	13.78	18.42	19.67	16.73	11.44	14.07	14.33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.27	6.27	5.07	18.15	4.71	4.72	6.68	10.77	8.86	7.27
FeO	17.49	18.84	20.10	9.93	15.09	23.64	19.51	21.28	21.57	22.08
MnO	0.29	0.45	1.14	1.46	0.12	1.35	0.83	3.54	0.89	0.72
MgO	9.00	6.74	6.60	6.19	9.78	2.09	3.90	4.82	5.43	5.45
CaO	0.17	0.41	0.16	0.39	0.00	0.08	0.32	1.84	0.21	0.62
BaO	0.43	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.61	0.35	1.88	1.93	0.40	0.39	1.44	0.99	0.61	0.36
K <sub>2</sub> O	8.52	8.81	8.98	6.90	8.34	8.23	8.65	9.04	8.20	8.43
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.16	3.25	2.95	3.64	3.21	3.01	5.04	3.38	2.21	2.70
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.38	0.00	0.28	0.57	0.00	0.00	1.13	0.00	0.19	0.00
F	0.52	0.24	0.74	0.80	0.41	0.24	0.65	0.00	0.78	0.93
Сумма	100.36	100.41	100.31	99.97	99.43	100.30	99.86	100.53	100.58	100.43
O=2F	0.21	0.10	0.32	0.35	0.16	0.11	0.30	0.00	0.34	0.41
Сумма	100.15	100.31	99.99	99.62	99.29	100.19	99.56	100.53	100.24	100.02
$F_{\text{общ}}$	58.1	67.1	67.7	70.4	52.6	88.2	78.6	78.3	75.3	74.6
$f_o$	0.22	0.23	0.18	0.62	0.23	0.15	0.23	0.31	0.27	0.23
n	5	3	3	2	1	2	3	1	4	2

Примечания: Образцы 1—2 — укарская пластина, Уфалейский блок: 1 — биотит плагиоклазитов и известково-щелочных сиенитов; 2 — магнезиальный аннит нефелиновых сиенитов; 3—10 — Ильмено-Вишневогорский блок: 3—4 — магнезиальный аннит (3) и окситетраферрианнит (4) из сиенитов; 5—6 — биотит и аннит из корундовых сиенитов [1]; 7—10: 7—8 — низкотитанистый Mg-аннит (7) и тетраферрианнит (8); 9—10 — высокотитанистый Mg-аннит (9) и тетраферрианнит (10). Анализы 3—4 и 8—10 цитируются по В. Я. Левину [6].

Таблица 5

**Кристаллохимические формулы и коэффициенты  $a_{Si}$ - $a_{VI}$  (ф. е.)  
биотит-аннитов из щелочных  
пород Уфалейского и Ильмено-Вишневогорского блоков**

Эл-ты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Si	2.71	2.65	2.63	2.60	2.74	2.62	2.64	2.64	2.62	2.60
Al <sup>IV</sup>	1.29	1.35	1.37	1.27	1.26	1.38	1.36	1.07	1.38	1.35
Fe <sup>3+</sup>	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.05
Сумма	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al <sup>VI</sup>	0.20	0.29	0.04	0.00	0.43	0.43	0.25	0.00	0.00	0.00
Ti	0.11	0.14	0.23	0.17	0.21	0.20	0.14	0.08	0.26	0.30
Fe <sup>3+</sup>	0.33	0.24	0.30	0.93	0.27	0.28	0.41	0.37	0.46	0.39
Fe <sup>2+</sup>	1.15	1.36	1.32	0.65	0.97	1.54	1.36	1.45	1.43	1.47
Mn	0.01	0.02	0.08	0.10	0.01	0.09	0.06	0.24	0.06	0.05
Mg	1.02	0.78	0.77	0.72	1.14	0.24	0.47	0.59	0.64	0.65
Сумма	2.82	2.83	2.74	2.57	2.75	2.78	2.69	2.73	2.85	2.86
W <sub>k</sub>	0.18	0.17	0.26	0.43	0.25	0.22	0.31	0.27	0.15	0.14
K	0.78	0.87	0.90	0.69	0.82	0.82	0.90	0.94	0.83	0.86
Na	0.10	0.05	0.29	0.29	0.06	0.06	0.23	0.16	0.09	0.05
Ca	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.03	0.16	0.02	0.05
Ba	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Сумма	0.91	0.95	1.20	1.01	0.88	0.89	1.16	1.26	0.94	0.96
ОН	1.65	1.68	1.55	1.89	1.66	1.57	2.74	1.84	1.17	1.44
F	0.09	0.06	0.18	0.20	0.10	0.06	0.17	0.00	0.09	0.23
Сумма	1.74	1.74	1.73	2.09	1.76	1.63	2.91	1.84	1.26	1.67
$a_{Si}$	32.3	33.8	34.3	31.8	31.5	34.5	34.0	26.8	34.5	33.8
$a_{VI}$	7.1	10.2	1.5	0.0	15.6	15.5	9.3	0.0	0.0	0.0

*Примечания:* Кристаллохимические формулы образцов 3—4 и 8—10 рассчитаны по первичным анализам из монографии В. Я. Левина [6]; образцов 5—6 — по материалам [1]. Прочее — см. табл. 1.

рует с калишпатом и альбит-олигоклазом, а в пироксеновых фенитах эгирин-авгит и феррогорнблендит замещается флогопит-биотитом ( $F_{общ.}$  14—43). В сиенитах присутствует буро-зеленый биотит ( $F_{общ.}$  65,  $n_g$  1.647—1.672), в миаскитих – аннит ( $F_{общ.}$  70—78,  $n_g$  1.675—1.685). Б. М. Роненсоном было отмечено, что максимальные содержания титана характерны для слюд сиенитов и миаскитов; при гранитизации парапород общая глиноземеистость черных слюд понижается, что, повидимому, можно объяснить следующей реакцией —  $Bi_{Al} + Kв + K + Na = Bi_{<Al} + Kпш + H_2O$ , предложенной [9]. Сдвигу вправо способствует повышение щелочности и температуры. Железистость черных слюд возрастает в следующем ряду горных пород: метаморфит → гранит → фенит → (миаскит + миаскитовый пегматит) [11].

Таблица 6

Средний химический состав (мас. %) и коэффициенты  $F_{\text{общ}}$ · $f_0$  биотит-аннитов из палингенно-метасоматических образований северной части Ильменогорского щелочного комплекса по данным [1, 6]

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	35.47	34.88	34.25	34.40	34.32	33.29
TiO <sub>2</sub>	3.21	4.59	4.48	4.25	4.39	3.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.45	14.42	16.49	16.04	16.32	20.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35.21	6.55	5.26	5.47	5.47	4.82
FeO	16.34	17.44	20.16	20.62	20.16	23.72
MnO	0.07	0.48	0.40	0.64	0.46	1.35
MgO	9.84	9.13	6.93	6.31	6.84	1.56
CaO	0.25	0.07	0.10	0.10	0.10	0.17
Na <sub>2</sub> O	0.33	0.47	0.44	0.47	0.49	0.53
K <sub>2</sub> O	8.68	8.74	8.94	8.74	8.86	8.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.90	2.73	2.34	2.41	2.52	3.09
F	<0.05	0.24	0.17	0.11	0.16	0.19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.08	0.07	0.07	0.10	<0.05
Сумма	99.75	99.84	100.03	99.63	100.19	100.12
-O=2F	0.00	0.10	0.05	0.03	0.04	0.08
Сумма	99.75	99.74	99.98	99.60	100.15	100.04
$F_{\text{общ}}$ · $f_0$	54.5	58.9	66.8	69.4	67.3	89.5
$f_0$	0.22	0.25	0.19	0.19	0.20	0.18
n	1	6	6	2	8	1

*Примечания:* Анализы 1—8: 1 — биотит из биотит-гранатовых гнейсов; 2 — биотит из полевошпатовых пород по пироксен-полевошпатовым и магнетит-полевошпатовым фенитам; 3 — магнезиальный аннит из нефелиновых мигматитов; 4 — то же из жильных миаскитов; 5 — средний состав магнезиального аннита нефелин-полевошпатовых мигматитов и жильных миаскитов; 6 — аннит из биотит-корундовых сиенитов.

Учитывая оригинальные и опубликованные данные (таблицы 3—4) по химизму черных слюд из щелочных пород и миаскитов, находящихся среди метаморфитов умеренных давлений [1, 4, 6—8, 10, 12—13], авторам представляется возможность сделать следующие выводы:

— в процессе возрастания щелочности пород общая железистость и титанистость черных слюд возрастает в следующей последовательности: олигоклазит Би<sub>59-61/0.15-16</sub> — известково-щелочной сиенит Би<sub>61-65/0.18-0.22</sub> — щелочной сиенит и трахитоидный нефелиновый сиенит Би<sub>65-68/0.19-0.22</sub> — миаскит+миаскитовый пегматит Ан<sub>70-78/0.26-0.30</sub>; во времени биотит сменяется магнезиальным аннитом и наконец аннитом (в числителе — общая железистость; в знаменателе — концентрации титана, ф. е.);

Таблица 7

**Кристаллохимические формулы и коэффициенты  $a_{Si}$ - $a_{VI}$  (ф. е.)  
средних составов биотит-аннитов из щелочных пород северной  
части Ильменогорского комплекса по данным [1, 6]**

Элементы	1	2	3	4	5	6
Si	2.68	2.69	2.65	2.68	2.67	2.61
Al <sub>IV</sub>	1.32	1.31	1.35	1.32	1.33	1.39
Сумма	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al <sub>VI</sub>	0.23	0.00	0.15	0.18	0.17	0.46
Ti	0.19	0.26	0.26	0.25	0.26	0.19
Fe <sup>3+</sup>	0.29	0.38	0.30	0.32	0.30	0.28
Fe <sup>2+</sup>	1.03	1.12	1.30	1.34	1.31	1.55
Mn	0.00	0.03	0.02	0.04	0.03	0.10
Mg	1.11	1.05	0.80	0.73	0.74	0.18
Сумма	2.84	2.84	2.83	2.86	2.81	2.76
W <sub>k</sub>	0.16	0.16	0.17	0.14	0.19	0.24
K	0.84	0.86	0.88	0.86	0.88	0.81
Na	0.05	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08
Ca	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Сумма	0.91	0.94	0.95	0.94	0.96	0.90
OH	1.46	1.40	1.20	1.25	1.31	1.45
F	0.00	0.06	0.04	0.03	0.04	0.05
Сумма	1.46	1.46	1.24	1.28	1.35	1.50
$a_{Si}$	33.0	32.7	33.7	33.0	33.2	34.7
$a_{VI}$	8.1	0.0	5.30	6.3	6.0	16.7
n	1	6	6	2	8	1

Примечания: 1—6 — то же, что и в табл. 6.

— в этой же последовательности возрастает и общая глиноземистость ( $a_{Si}$ ) слюд — от 30 до 33 ф. е; в аннитах миаскитовых пегматитов и в некоторых миаскитах концентрации Al<sub>VI</sub> резко понижаются и по химизму это тетраферрианниты; по величине общей глиноземистости в миаскитах присутствуют два типа черных слюд: аннит с  $F_{общ.}$  70—76, Al<sub>VI</sub> 1.23, Al<sub>VI</sub> 0.14 ф. е. и тетраферрианнит с  $F_{общ.}$  70—76, Al<sub>IV</sub> 1.29, Fe<sup>3+</sup> 0.01—0.10; Al<sub>VI</sub> 0.00 ф. е;

— тетраферрианнит в карбонатах замещает биотит-аннит [5]; в миаскитах Ильменских и Вишневых гор кальцит, генетически связанный с тетраферрианнитом, так же связан с карбонатитовым процессом, наложенным на миаскиты.

## Литература

1. *Баженов А. Г., Иванов Б. Н., Кутепова Л. А.* О гранат- и корундсодержащих сиенитах Ильменских гор // Щелочные породы и гранитоиды Южного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 31—42.
2. *Белковский А. И., Локтина И. Н.* Раннепалеозойская ассоциация щелочных гранитов — нефелиновых сиенитов западного склона Среднего Урала // Докл. АН СССР. 1974. Т. 215. № 5. С. 1206—1209.
3. *Белковский А. И., Краснобаев А. А., Локтина И. Н., Калеганов Б. А., Белковская Я. А.* Состав, возраст домиаскитовых сиенитов и проблема возраста сиенит-миаскитовой формации Урала // Уральский минералогический сборник № 10. Миасс: ИМин 2000. С. 132—141.
4. *Белковский А. И.* Биотит-анниты нефелиновых сиенитов и плагиоклазитов западной части Уфалейского метаморфического блока // Региональная минералогия Урала. Т. 1. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 94—97.
5. *Дудкин О. Б., Минаков Ф. В., Кравченко М. П. и др.* Карбонаты Хибин. Апатиты: 1984. 98 с.
6. *Левин В. Я.* Щелочная провинция Ильменских-Вишневых гор. М: Наука, 1974. 224 с.
7. *Левин В. Я., Кутепова Л. А.* Глиноземистость биотитов щелочных как показатель условий их образования // Ежегодник-1973. Свердловск: ИГиГ УрО РАН, 1974. С. 131—135.
8. *Левин В. Я., Роненсон Б. М., Самков В. С. и др.* Щелочно-карбонатитовые комплексы Урала. Екатеринбург: 1997. 272 с.
9. *Маракушев А. А., Тарарин И. А.* О минералогических критериях щелочности гранитов // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1965. № 3.
10. *Перчук Л. Л.* Магматическое замещение карбонатных толщ с образованием нефелиновых сиенитов и других щелочных пород на примере Дежневского мыса // Физико-химические условия формирования горных пород и руд. Т. 2. М: АН СССР, 1963. С. 160—181.
11. *Роненсон Б. М.* Происхождение миаскиотов и связь с ним редкометального оруденения // Геология месторождений редкометаллических элементов. Вып. 28. М: Недра, 1966.
12. *Свешникова Е. В.* Нефелин-сиенитовый комплекс Заангарья (Енисейский кряж) // Щелочной магматизм складчатого обрамления Сибирской платформы. М: Наука, 1965. С. 5—98.
13. *Фишман М. В., Юшкин Н. П.* Верхнепалеозойские известково-щелочные сиениты зоны сочленения Урала и Пай-Хоя // Докл. АН СССР. 1975. Т. 225. № 1. С. 176—178.