

А. И. Белковский, А. А. Краснобаев, И. Н. Локтина,
Б. А. Калеганов, Я. А. Белковская

**СОСТАВ, ВОЗРАСТ ДОМИАСКИТОВЫХ СИЕНИТОВ
И ПРОБЛЕМА ВОЗРАСТА СИЕНИТ-МИАСКИТОВОЙ
ФОРМАЦИИ УРАЛА**

A. I. Belkovskiy, A. A. Krasnobaev, I. N. Loktina, B. A. Kaleganov,
Ya. A. Belkovskaya

COMPOSITION AND AGE OF PRE-MIASKITE OF SYENITE-MIASKITE
FORMATION IN THE URALS

Original data on absolute age of pre-miaskite syenites of the Ufaley metamorphic block are presented. It is suggested that the Urals syenite-miaskitic formation has Vend-Cambrian age

Домиаскитовые сиениты и сопровождающие их фениты широко развиты по западной периферии Уфалейского метаморфического блока (Средний Урал), где они образуют согласные пластовые (0.3—0.5×25—30 км) тела среди апогаббровых амфиболитов и бластомилонитов основного состава [2]. Контактные фации представлены полосчатыми, полосчато-теневыми и теневыми сиенит-мигматитами, являющимися промежуточными образованиями следующего ряда горных пород: сиенит — сиенит-мигматит — фенитизированный апогаббровый амфиболит — апогаббровый амфиболит. Микроструктуры сиенитов — гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая, гранобластовая, пойкилобластическая; текстура — грубополосчатая, обусловленная чередованием лейкократовых прослоев с прослоями, сложенными амфиболом + гранатом, магнетитом + амфиболом, амфиболом + гранатом + магнетитом или одним амфиболом. Количественные соотношения минералов непостоянные (об. %): полевые шпаты 65—80 (олигоклаз, олигоклаз-андезин, альбит 50—60 и до 35—40, микроклин от 3—5 и до 35—45), амфибол 3—5 и до 10—15, гранат 0—5, биотит 0—3, магнетит 0—1 и до 5, вторичный кварц 0—5. Аксессуарные минералы представлены моноклинным пироксеном, кристаллическим и метамиктным цирконом, ильменорутилом, ортитом, эпидотом (по ортиту), ильменитом, сфеном

(отдельные кристаллы) и сфеном II (мелкокристаллическим, по ильмениту), апатитом, светло-фиолетовым и бесцветным флюоритом, пиритом, халькопиритом, молибденитом. Кремнезем, щелочи и коэффициент аспайтности изученных пород соответствуют параметрам известково-щелочного сиенита (таблица 1, анализ 5). Известково-щелочные сиениты близкого минералогического состава широко распространены среди гнейсов и мигматитов озера Реньярв на Кольском полуострове [5], сиенитов зоны Инакафи на Южном Мадагаскаре [13]. Они так же широко развиты в центральной щелочной полосе северной части Ильменских гор на Южном Урале, где отмечены как амфиболовые и пироксен-амфиболовые фениты [7—8].

Плаггиоклазы сиенитов — олигоклаз и олигоклаз-андезин — в виде удлинённых лейст с тонкими полисинтетическими двойниками по (001) замещаются альбитом An_{5-10} . Калиевые полевые шпаты представлены несдвойникованным, облачно угасающим микроклином с пертитовыми вростками альбита и решетчатым микроклином. Обе разновидности микроклина замещаются мелкозернистым гранобластовым альбитом. Удлиненные (0.1—0.5 и до 2 мм) кристаллы амфибола образованы гранями (110), содержат многочисленные пойкиловростки (0.1 × 0.15 мм) олигоклаза и олигоклаз-андезина. Плеохроизм резкий — от черного или густо-сине-зеленого по N_g до желто-зеленого по N_p . По оптическим свойствам, химическому составу и рентгеновским константам изученный материал [3] относится к малотитанистому феррогастингситу с крайне низкими концентрациями шестерного алюминия (таблица 1, анализы 1—5). Количественным спектральным анализом в нем установлены повышенные содержания оксида цинка и скандия (табл. 2).

Ксеноморфные зерна (от 0.1—0.2 и до 1.5 мм) и отдельные ромбододекаэдрические (1—3 мм) кристаллы граната обладают зональным строением. Центральная часть кристаллов окрашена в красный цвет, периферия (0.1—0.15 мм) — розовая и бледно-розовая. Химизм, оптические свойства и рентгеновские константы его отвечает марганцевому гроссуляр-альмандину [3]. Моноклинный пироксен редок. Встречен в виде отдельных короткопризматических (3—3.5 × 1—1.5 мм) кристаллов, переполненных пойкиловростками олигоклаза [1]. Светло-зеленый и травяно-зеленый пироксен представлен Na-салитом (F 30 мол. %; n_g 1.742—1.732; n_m 1.725—1.715; n_p 1.707—1.697; +2V 60—64°; c : N_g 40—42°) и эгирин-салитом (F 35—36 мол. %; n_g 1.748—1.746; n_p 1.711—1.709; +2V 66—68°; c : N_g 40—42°). Эгирин-салит

Таблица 1

Химические анализы (мол. %) фенитов, сиенитов и сиенит-пегматитов западной части Уфалейского метаморфического блока

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	56.24	63.20	61.16	64.01	61.39	64.32
TiO ₂	0.98	0.48	0.60	0.24	0.54	0.37
Al ₂ O ₃	17.14	15.83	19.04	16.95	16.04	16.56
Fe ₂ O ₃	2.73	2.40	2.24	2.09	2.81	1.13
FeO	8.52	5.20	4.91	3.75	5.99	4.04
MnO	0.31	0.49	0.25	0.13	0.30	0.15
MgO	0.73	0.34	0.65	0.55	0.41	0.46
CaO	5.47	2.83	2.85	1.74	3.77	1.74
Na ₂ O	5.17	5.17	5.44	5.58	4.66	5.67
K ₂ O	1.75	4.20	3.09	3.93	2.95	4.76
P ₂ O ₅	0.32	0.07	0.14	0.09	0.09	0.011
Nb ₂ O ₅	0.008	0.007	0.007	0.003	0.008	0.003
Ta ₂ O ₅	0.003	0.002	0.003	н. обн.	0.002	0.63
П. п. п.	0.61	0.43	0.35	0.61	0.62	99.91
Сумма	99.97	100.34	100.75	99.67	99.58	99.91
F	90.0	92.4	85.7	85.4	92.1	86.0
Na ₂ O+K ₂ O	6.92	9.37	8.53	9.51	7.61	10.43
$\frac{Na_2O+K_2O}{Al_2O_3}$	0.61	0.82	0.64	0.82	0.68	0.87

Примечание: 1—2 — фенитизированные апогаббровые амфиболиты, образцы 1022 и 979; 3—4 — сиенит-мигматиты: 3 — амфибол-гранатовые (амфибол 10—15 %, гранат 0—5 %, кислый плагиоклаз 35—40 %, микроклин-пертит 15—20, кварц 0—5 %), образец 941; 4 — амфиболовые (амфибол 15—20 %, плагиоклаз 60 %, микроклин-пертит 10—20 %, магнетит 1—2 %), образец 969; 5 — гнейсовидный известково-щелочной сиенит амфиболовый (амфибол 3—5 %; кислый плагиоклаз 50—60 %, микроклин-пертит 15—20 %, кварц 1 %), образец 980; 6 — сиенит-пегматит амфиболовый, образец 867. Дополнительно определено (мас. %): Li₂O — 0.01, образец 980; V₂O₅ — 0.024, образец 941; в остальных образцах BaO, Li₂O, V₂O₅ — не обнаружены. Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ПО «Уралгеология», аналитик Н. Ф. Колосова. F = Fe₂O₃ + FeO/Fe₂O₃ + FeO + MgO, мол. %; Na₂O + K₂O, мас. %; Na₂O + K₂O/Al₂O₃ — мас. %.

Таблица 2

**Химические анализы (мол. %), кристаллохимические формулы
(ф. е.), оптические константы роговых обманок фенитов,
сиенит-мигматитов, сиенитов и сиенит-пегматитов**

Ком-ты	1	2	3	4	5
SiO ₂	37.02	37.38	37.20	37.60	38.68
TiO ₂	1.10	1.10	1.00	0.80	0.84
Al ₂ O ₃	12.86	11.81	11.29	11.21	10.90
Fe ₂ O ₃	9.69	8.00	8.08	8.64	8.97
FeO	21.13	22.17	24.00	24.13	22.52
MnO	0.35	0.66	0.74	0.55	1.05
MgO	1.84	2.95	2.38	1.15	1.45
CaO	9.68	9.94	9.83	9.15	8.94
Na ₂ O	1.77	1.81	1.73	2.31	1.54
K ₂ O	1.89	1.92	2.00	2.10	2.10
H ₂ O ⁺	2.36	1.89	1.72	2.31	2.42
F	0.14	0.17	0.14	0.17	0.20
F ₂ =0	0.05	0.07	0.05	0.07	0.09
Сумма	99.78	99.73	100.06	100.05	99.52
F	90.1	84.8	88.0	94.0	99.2
f ₀	0.29	0.24	0.23	0.24	0.26

Окончание таблицы 2

Элементы	1	2	3	4	5
Si	5.75	5.87	5.89	5.98	6.08
Al ^{IV}	2.25	2.13	2.11	2.02	1.92
Mg	0.42	0.68	0.56	0.27	0.34
Fe ₂ ⁺	2.74	2.90	3.17	3.20	2.86
Fe ₃ ⁺	1.13	0.94	0.96	1.03	1.06
Mn	0.04	0.09	0.10	0.07	0.14
Ti	0.13	0.13	0.12	0.09	0.34
Al ^{VI}	0.10	0.05	0.00	0.08	0.10
Сумма	4.56	4.79	4.91	4.74	4.60
Ca	1.61	1.67	1.67	1.57	1.51
Na	0.53	0.55	0.52	0.60	0.47
K	0.37	0.38	0.40	0.43	0.42
n _g	1.720	1.716	1.718	1.725	1.731
n _p	1.698	1.696	1.698	1.702	1.702
n _g - n _p	0.022	0.018	0.020	0.023	0.023
c:N _g	20	16	17	14	15

Примечания: Феррогастингситы из: 1 — фенитизированных амфиболитов, a₀ 9.930; b₀ 18.159; c₀ 5,349 Å; β 105°09; V₀ 931,0 Å³, обр. 1022;

2 — сиенитов, a_0 9.920; b_0 18.156; c_0 5.348 Å; β 105°03; V_0 930.9A³, обр. 980; 3—4 — сиенит-мигматитов, обр. 969 и 941; для образца 941 определено a_0 9.937; b_0 18.212; c_0 5.352 Å; β 104°52; V_0 936,1 A³; 5 — сиенит-пегматитов, обр. 867. Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ПО «Уралгеология», аналитик Н. Ф. Колосова. Дополнительно определено (мас. %): в образцах 1—5 Sc₂O₃ 0.009; 0.008; 0.006; 0.011; 0.007; Li₂O 0.0038; 0.0056; 0.0040; 0.0045; 0.0048; Rb₂O и Cs₂O — менее 0.001 (Полевская химлаборатория ПО «Уралгеология», аналитик А. С. Болков). $f_0 = \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, мол. %. Параметры элементарной ячейки определены методом монокристалльной съемки в лаборатории рентгеноструктурного анализа ИГФМ НАН Украины, аналитик А. Л. Литвин [3].

замещается феррогастингситом, биотитом, аннитом и магнетитом. Mg-Fe-слюды в сиенитах так же являются редкими минералами. Обычное содержание их составляет первые десятые доли процента. Листочки (1—1.5×0.1—0.2 мм) ярко-красной или черной слюды плеохроируют от красновато-коричневого, коричневого или оливково-зеленого зеленого по N_g до светло-коричневого или светло-желтого по N_p. По химическому составу — это анниты или Zn-анниты (таблица 3, анализы 4—5). Черные слюды замещают пироксены, роговые обманки, гранаты и магнетит. Последний встречен в виде мелких октаэдрических кристаллов, реже полигональных зерен размером от 0.1 до 2.5 мм. По химическому составу (табл. 3, анализы 8—10) и параметрам элементарной элементарной ячейки (a_0 8.3999 Å, аналитик А. Н. Айзикович) относится к малотитанистому магнетиту, практически не содержащему структурных примесей — V, Ni, Co, Cr, Zn, Sc, Nb и Ta. Средний состав его близок к химизму магнетита, образовавшегося в условиях, переходных от амфиболитовой к эпидот-амфиболитовой фации с температурным интервалом 580—480 °C [4].

Крайне низкие содержания щелочных клинопироксенов, полное отсутствие нефелина и низкие концентрации щелочей (Na₂O + K₂O) однозначно отличают изученные породы (таблицы 1—3) от щелочных сиенитов Ильменогорско-Вишневогорского комплекса [8]. Редкометальная минерализация уфалейских сиенитов, сиенит-мигматитов представлена аксессуарным дипирамидальным низкогафниевым цирконом (первые десятые доли процента), ильменорутилом, редкоземельная анизотропным и метамиктным алланитом -(Ce).

В сиенитах широко распространены согласные и секущие жилы амфиболовых сиенит-пегматитов (таблица 1, анализ 5). Сиенит-мигматиты и апогаббровые фениты отличаются от сиенитов более высокими содержаниями темноцветных минералов:

**Химические анализы (мас. %) гранатов, биотитов,
магнетитов из фенитов и сиенит-мигматитов**

Комп.	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	37.24	37.32	37.36	31.94	37.37	0.20	0.10	Сл.
TiO ₂	0.10	0.25	0.15	3.37	2.47	0.95	1.50	1.00
Al ₂ O ₃	20.39	19.35	19.35	14.71	17.50	0.75	0.35	0.35
Fe ₂ O ₃	2.97	5.08	4.00	-	-	68.65	70.24	67.89
FeO	23.55	19.02	21.81	36.31 ^x	27.78 ^x	28.16 ^x	27.92	29.10
MnO	4.60	7.84	6.80	0.06	0.67	0.22	0.14	0.36
MgO	0.47	0.26	Сл.	0.65	0.54	0.30	0.05	0.30
CaO	10.68	10.87	10.17	0.17	0.08	0.54	0.17	0.56
Na ₂ O	-	-	-	0.11	0.66	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	7.83	7.53	-	-	-
Сумма	100.00	100.06	99.64	95.65	96.35	100.10	100.53	100.09
F	97.3	98.1	100.0	96.9	96.9	-	-	-
f ₀	0.23	0.19	0.14	-	-	-	-	-

Примечание: 1—3 — гранаты из: 1 — фенитов (образец 1022), 2—3 — сиенитов (образец 980); 3 — сиенит-мигматитов (образец 969); 4—5 — черные слюды: 4 — анниты фенитов (образец 979, дополнительно определено BaO 0.40 и ZnO 0.01); 5 — Zn-аннит фенитов (образец 982, дополнительно определено BaO 0.40 и ZnO 1.35 мас. %); 6—8 — магнетиты: 6 — сиенитов (образец 980); 7—8 — сиенит-мигматитов (образцы 969 и 941; ^x — все железо как FeO, микросонд EDAX-9100, коллекция эталонов Teulog corporation, USA, Санкт-Петербургский университет, аналитик А. Р. Нестеров). Дополнительно установлено (мас. %) в: гранатах — Sc 0.0017, 0.0014, 0.0010 соответственно; магнетитах — ZnO 0.07, 0.06, 0.14, V₂O₅ — 0.02, Сл, Сл. Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ПО «Уралгеология», аналитик Н. Ф. Колосова. Количественным спектральным анализом в магнетитах установлены следы Cr, Ni, Co, Nb и полное отсутствие скандия (Полевская лаборатория, аналитик А. С. Болков). Компонентный состав, оптические свойства и рентгеновские константы гранатов следующие: образец 1022 — марганецсодержащий гроссуляр-альмандин Пир_{1,8}Альм_{35,7}Спесс_{10,3} Са-комп_{30,2}; N 1.796; a₀ 11.632 Å; d 4.03 г/см³; образец 980 — Mn-гроссуляр-альмандин Пир_{1,0}Альм_{51,4}Спесс_{17,3}Са-комп_{30,3}; N 1.794; a₀ 11.640 Å; d 4.00 г/см³; образец 969 — Альм_{56,0}Спесс_{15,2}Са-комп_{28,8}; N 1.798; a₀ 11.634, дополнительно установлены фазы 11.685; 11.621; 11.599 Å (рентгеновская лаборатория ПО «Уралгеология», аналитик А. Н. Айзикович).

**Результаты определения абсолютного возраста сиенитов
и сиенит-мигматитов пород западной части Уфалейского блока**

№	№ авт.	Порода	К, %	Ar p, нг/г	t, млн
1	1022	Амфиболит фенитизированный	1.40	39.8	368± 14
2	979	То же	1.21	33.1	357±13
3	969	Сиенит-мигматит	1.42	38.5	354±15
4	941	То же	1.43	44.0	396±14
5	980	Сиенит	1.30	38.5	384 ± 15
6	867	Сиенит-пегматит	1.47	40.2	369 ±12

Примечание: Образцы 1—6: 1 — в 2500 метров на юго-запад (ЮЗ 195°) от впадения реки Большой Егусты в реку Уфу; 2 —3 и 5 — в 4000 метрах на юго-восток от впадения реки Большой Кизил в реку Уфу; 4 — в 1.5 км на восток от кордона Дальняя Тагашка; 6 — южный склон Мурашиных гор.

феррогастингсита, граната, аннита и магнетита (таблица 3, анализы 1—8). Роговая обманка в них так же представлена густо-синезеленым феррогастингситом, гранат — умеренно марганцовистым гроссуляр-альмандином. В апогаббровых фенитах феррогастинсит образует полные псевдоморфозы по обыкновенной роговой обманке, плагиоклаз при этом раскисляется от An_{32-24} до олигоклаз-альбита₁₄₋₁₂ и даже до альбита An_{10-5} , в незначительном количестве появляется микроклинпертит. Фениты такого состава постепенно «переходят» во вмещающие амфиболиты. Мощность их незначительна — первые метры.

К-Ar-методом были изучены мономинеральные пробы феррогастингситов из главных типов горных пород (см. табл. 4).

Радиологический возраст феррогастингситов из щелочных пород укладывается в довольно узком интервале — от 396 до 354 млн лет и оказался значительно «древнее» возраста щелочных нефелиновых сиенитов Ильмено-Вишневогорского комплекса — 284—282 млн лет [9]. В пределах Центрально- и Восточно-Уральского поднятий с юго-запада на северо-восток установлено закономерное уменьшение значений абсолютного возраста щелочных пород (К-Ar-метод): нефелиновые сиениты Бердяшского плутона 700 млн лет, апатитовые якупирангиты и флогопитовые пироксениты Суроямского блока 510—590 млн лет, нефелиновые сиениты Нязепетровского комплекса 300—

450 млн лет, нефелиновые сиениты Тахтинского комплекса (западная часть Уфалейского блока) 430—450 млн лет [2], известково-щелочные сиениты западной части Уфалейского блока 354—396 млн лет (материалы настоящей работы), Ильменские горы (К-Аг-метод) нефелиновые сиениты 446 (по породе в целом) и 245 млн лет (изохрона по минералам), Вишневые горы (К-Аг-метод) нефелиновые сиениты 440 (изохрона по породе в целом) и 244 млн лет (изохрона по минералам) (К-Аг-метод) 246 (по биотиту), 250 (по нефелину [6, 11—12]). Радиологический возраст сиенитов-нефелиновых сиенитов Урала в направлении с запада на восток «снижается» от 700 (Бердяшский плутон) до 280—250 млн лет (Ильмено-Вишневогорский комплекс). В общем виде возрастная зональность Урала впервые была установлена ранее [10]. Было отмечено: «обращает на себя внимание зональное распределение геохронологических данных с общей тенденцией уменьшения возраста магматических и метаморфических пород по направлению с запада на восток: от Тараташской глыбы к Восточно-Уральскому поднятию...». Полученные новые данные в полной мере подтверждают выше указанную тенденцию. На Южном Урале по радиологическому возрасту и структурно-текстурным особенностям следует выделять два типа щелочных пород: докембрийско-нижнепалеозойские (700—450 млн лет) трахитоидные однополевошпатовые сиениты-нефелиновые сиениты с микропертитовым ортоклазом, сопровождаемые трахитовыми порфирами, шонкинитами, бостонитами (Бердяшский плутон, Суроямский, Нязепетровский и Тахтинский комплексы) и палеозойские (440—250 млн лет) Na- и K-Na-сиениты-миаскиты, сиенит-пегматиты и нефелиновые пегматиты (западная часть Уфалейского метаморфического блока, Ильменогорско-Вишневогорский комплекс). По-видимому на Урале существует одна формация щелочных пород, в которой однополевошпатовые ортоклазовые трахитоидные сиениты-нефелиновые сиениты во времени сменяются однополевошпатовыми микроклиновыми миаскитами (западная часть Уфалейского блока, Ильмено-Вишневогорский комплекс). В связи со сказанным возникает определенное сомнение в нижнепалеозойском возрасте миаскитов. В свете данных возрастных определений предложена двуэтапная модель формирования Ильмено-Вишневогорского комплекса [10], при этом остается совершенно неясным следующее — на каком этапе сиениты и миаскиты приобрели полосчатые текстуры. По существу такие породы являются щелочными бластомилонитами с крайне сложной геологической историей. В рассматриваемой формации

единственным представителем массивных разностей щелочных пород являются вендские (594—590 млн лет) флогопитовые и магнетит-апатитовые якупирангиты Суроямского массива [11], которые, по-видимому, и определяют радиологический возраст формации в целом как венд-кембрийский. Они находятся в западной части ранее выделенной зоны [11]. Возможно предположить, что степень тектонической переработки магматических и метаморфических пород на Среднем и Южном Урале увеличивается в направлении с запада на восток — только этой особенностью представляется возможным объяснить фатальное уменьшение значений абсолютного возраста сиенитов и миаскитов, устанавливаемое различными методами. [12]. «Ранние» нефелиновые сиениты Ильменогорско-Вишневогорского комплекса (440 млн лет) оказались более «древними» чем домиаскитовые известкощелочные сиениты (390—350 млн лет). Эти данные указывают нам лишь на то, что реальный возраст миаскитов пока не установлен и не исключено, что он окажется древнее 440 млн лет.

Литература

1. *Белковский А. И.* Клинопироксены фенитов и карбонатитов Уфалейского метаморфического блока // Уральский минерал. сборник № 3. Миасс: 1994. С. 104—109.
2. *Белковский А. И., Локтина И. Н.* Раннепалеозойская ассоциация щелочных гранитов-нефелиновых сиенитов западного склона Среднего Урала // Докл. АН СССР. Т. 215. № 5. С. 1206—1209.
3. *Белковский А. И., Литвин А. Л., Остапенко С. С., Петрунина А. А.* Закономерности изменения состава и структуры феррогастингситов из сиенит-мигматитов и щелочных сиенитов Уфалейского комплекса // Афмиболы метаморфических комплексов Урала. Свердловск.: УНЦ АН СССР, 1981. С. 19—28.
4. *Белковский А. И., Фоминых В. Г., Локтина И. Н.* Типоморфный магнетит метаморфогенных мигматитов // Докл. АН СССР. Т. 204. № 4. С. 931—934.
5. *Бондаренко Л. П., Дагелайский В. Б.* Породы серии сиенит-мигматитов района Поркозера и озера Репьярв (Кольский полуостров) // Тр. ЛАГЕД АН СССР. Вып. 9. Л.: Наука, 1960. С. 176—203.
6. *Дунаев В. А., Панова М. В., Степанов А. И.* К вопросу о возрасте нефелиновых сиенитов Бердяушского плутона // Тр. Ин-та геологии и геохимии УФААН СССР. 1972. Вып. 93. С. 15—23.
7. *Иванов Б. Н., Баженов А. Г., Кутепова Л. А., Кошевой Ю. Н.* Амфибол и пироксенсодержащие фениты и сиениты центральной щелочной полосы в северной части Ильменских гор // Петрография ультраосновных и щелочных пород Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 86—96.

8. *Левин В. Я.* Щелочная провинция Ильменских-Вишневых гор. М.: Наука, 1974. 222 с.

9. *Овчинников Л. Н.* Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Т. 1. Свердловск.: ГГИ УФАН СССР, 1963. С. 57—82.

10. *Овчинников Л. Н., Дунаев В. А., Краснобаев А. А., Степанов А. И.* Возрастная зональность Урала по радиогенным данным // Докл. АН СССР. 1965. Т. 180. № 1. С. 185—188.

11. *Свяжин Н. В., Жилин И. В., Петров В. И., Селиверстов Г. Ф.* Щелочные породы Нязепетровского района на западном склоне Урала // Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала. Т. IV. Свердловск: ГГИ УФАН СССР, 1971. С. 421—429.

12. *Чернышева И. В., Кононова В. А., Крамм У., Гауэрт Г.* Изотопная геохронология щелочных пород Урала в свете уран-свинцового метода по цирконам // Геохимия. 1987. № 3. С. 323—338.

13. *Megerlin N.* Sur les syenites de la region de Ianakafi (Sud de Madagascar) // Compt. rend. Semaine geo1, 1967. Tananarive, 1968. S. 39—41.