

U-Pb ЦИРКОНОВЫЙ ВОЗРАСТ И ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНОДИОРИТОВ СЕРЕДОВИНСКОГО МАССИВА (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Е.А. Зинькова, В.В. Холоднов, А.Н. Ларионов

Середовинский массив расположен в 2 км к северу от Верхисетского гранитоидного массива (рис. 1) и по данным одних исследователей [Смирнов, Ведерников, 1987] выполнен одной из его серий; по представлениям других исследователей [Сазонов и др., 2001], имеет среднедевонский возраст. С массивом связано месторождение золота Невьянская Середовина, поэтому определение его возраста современными методами имеет большое значение.

Согласно литературным [Смирнов, Ведерников, 1987; Сазонов и др., 2001] и авторским данным, массив сложен роговообманково-биотитовыми гранодиоритами с маломощными

(до 0,5 м) аплитовыми дайками в них. Роговообманково-биотитовые гранодиориты – светло-серые среднезернистые породы со слабо выраженной гнейсовидной текстурой и порфиroidной гипидиоморфнозернистой структурой. Породы состоят из плагиоклаза, кварца, биотита, роговой обманки, калиевого полевого шпата и аксессуарных минералов, представленных эпидотом, сфеном, апатитом, ортитом и цирконом. Зерна *плагиоклаза* имеют как удлиненную призматическую, так и таблитчатую форму. Для них характерна четкая ритмичная зональность, что говорит о кристаллизации пород в условиях гипабиссальной фации глубинности.

По ядрам зерен плагиоклаза часто развивается соссорит. *Калиевый полевой шпат* представлен решетчатым микроклином, встречающимся в виде интерстициальных зерен неправильной формы, которые включают в

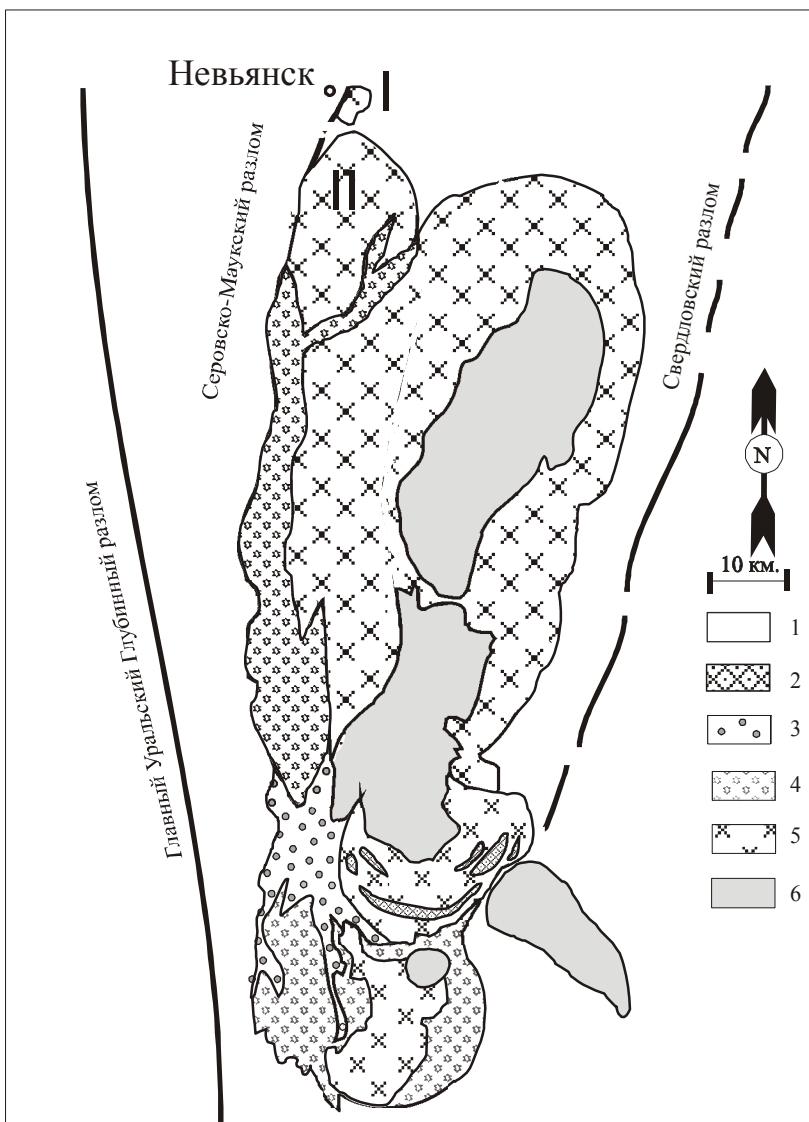


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Верхисетского массива. Составлена по материалам Д.А. Двоглазова, Г.Н. Кузовкова, Д.С. Вагшаля (1972-1979) и авторов.

1 – породы рамы Верхисетского массива, представленные вулканогенными и вулканогенно-осадочными толщами силурийского и раннедевонского возраста; 2-6 – породы Верхисетского батолита: 2 – ксенолиты габброидов, 3 – диориты, тоналиты; 4 – породы таватуйской тоналит-грандиоритовой серии; 5 – породы исетской тоналит-гранодиоритовой серии; 6 – породы поздней адамеллит-гранитной серии. Римскими цифрами обозначены: I – Середовинский массив, II – Федьковская структура Верхисетского массива.

Таблица 1
Содержание петрогенных (мас. %) и редких (г/т) элементов в гранодиоритах Середовинского массива

Элементы	Сер-19	Сер-16
SiO ₂	67,24	67,54
TiO ₂	0,4	0,38
Al ₂ O ₃	15,52	16,3
Fe ₂ O ₃	1,39	1,81
FeO	1,6	1,2
MnO	0,08	0,07
MgO	1,62	1,38
CaO	3,02	2,94
Na ₂ O	4,4	4,2
K ₂ O	2,21	2,18
P ₂ O ₅	0,23	0,2
п.п.п.	0,7	0,8
Сумма	98,38	99,01
Li	29,06	27,59
Be	1,55	1,53
Sc	5,99	4,87
V	51,54	40,05
Cr	15,63	9,08
Co	6,17	4,94
Cu	22,03	13,39
Zn	51,01	38,68
Ga	18,70	17,16
Rb	48,36	47,98
Sr	579,91	496,60
Y	10,88	10,46
Zr	53,50	53,38
Nb	8,47	7,95
Cs	1,05	1,34
Ba	497,80	426,27
La	23,92	17,64
Ce	44,61	37,78
Pr	5,00	3,98
Nd	17,68	14,26
Sm	2,86	2,54
Eu	0,82	0,74
Gd	2,09	1,98
Tb	0,31	0,30
Dy	1,93	1,88
Ho	0,39	0,38
Er	1,10	1,10
Tm	0,16	0,16
Yb	1,13	1,12
Lu	0,18	0,17
Hf	1,52	1,52
Ta	1,09	1,17
Th	6,58	6,92
U	1,42	1,13

себя зерна таблитчатого плагиоклаза, иногда амфибола, образуя ойкокрсталлы. *Кварц* присутствует в виде зерен неправильной формы. *Амфибол* представлен обыкновенной роговой обманкой, плеохроирующей от светлых буровато-зеленых тонов по Np и Nm до темно-зеленого по Ng. *Биотит* представлен как таблитчатыми, так и удлиненными пластинками, плеохроирует в буро-зеленых тонах. Часто чешуи биотита в виде включений содержат в себе апатит, циркон, сфен; с эпидотом образуют сростания. Химический состав гранодиоритов приведен в таблице 1.

Из выше описанных гранодиоритов массива были выделены цирконы обычным методом, включающим дробление пробы весом 30 кг до фракции –0,5 мм, выделение тяжелой фракции на концентрационном столе и сепарации в тяжелых жидкостях. Конечный отбор цирконов осуществлялся вручную под биноклем. Цирконы представлены идиоморфными удлиненно-призматическими кристаллами. U-Pb анализы цирконов были выполнены на ионном микрозонде SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ по стандартной методике [Williams, 1998; Lagionov et al., 2004]. Катодолюминесцентные изображения кристаллов циркона (рис. 2) показывают наличие ритмичной зональности, параллельной кристаллографическим ограничениям. Проведенные нами U-Pb-исследования цирконов из гранодиоритов Середовинского массива выявили их однородность: возраст центральной части зерна циркона (314,9±5,8 млн лет) практически идентичен возрасту его краевой части (312,0±5,3 млн лет); возраста краевых частей других зерен циркона так же имеют близкое к вышеуказанному значение – 320,4±5,4 и 310,3±5,2 млн лет (см. рис. 2 и табл. 1). Среднее значение возраста по 4 точкам составило 314,2±5,4 млн лет (рис. 3, табл. 2). Таким образом, U-Pb-SHRIMP-датировки по цирконам показывают, что внедрение и кристаллизация гранодиоритов Середовинского массива происходили в среднекаменноугольное время.

Был проведен сравнительный анализ редких и петрогенных элементов, а так же возрастных данных гранодиоритов Середовинского и различных серий Верхисетского массивов.

Результаты проведенных нами ранее изотопных исследований [Bea et al., 1997; Смирнов и др., 1998] позволили выделить в истории формирования Верхисетского массива два крупных этапа. На протяжении первого сфор-

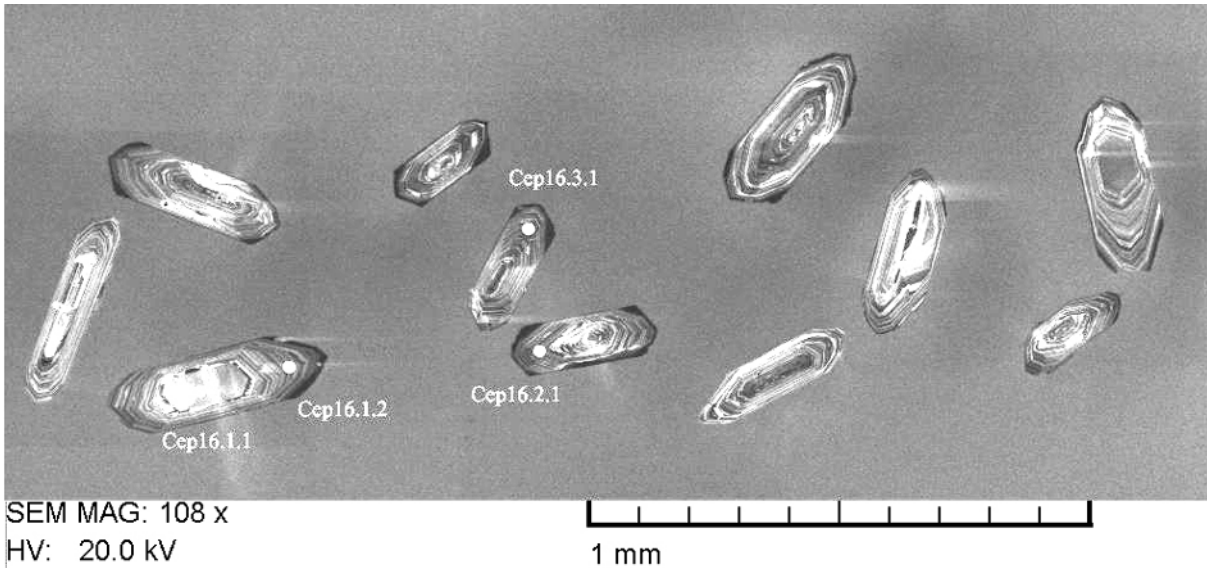


Рис. 2. Католюминесцентные изображения отдельных кристаллов циркона из гранодиорита Сerp16 Середовинского массива.

Белые кружки показывают точку измерения; номера соответствуют номерам анализов, приведенных в табл. 2.

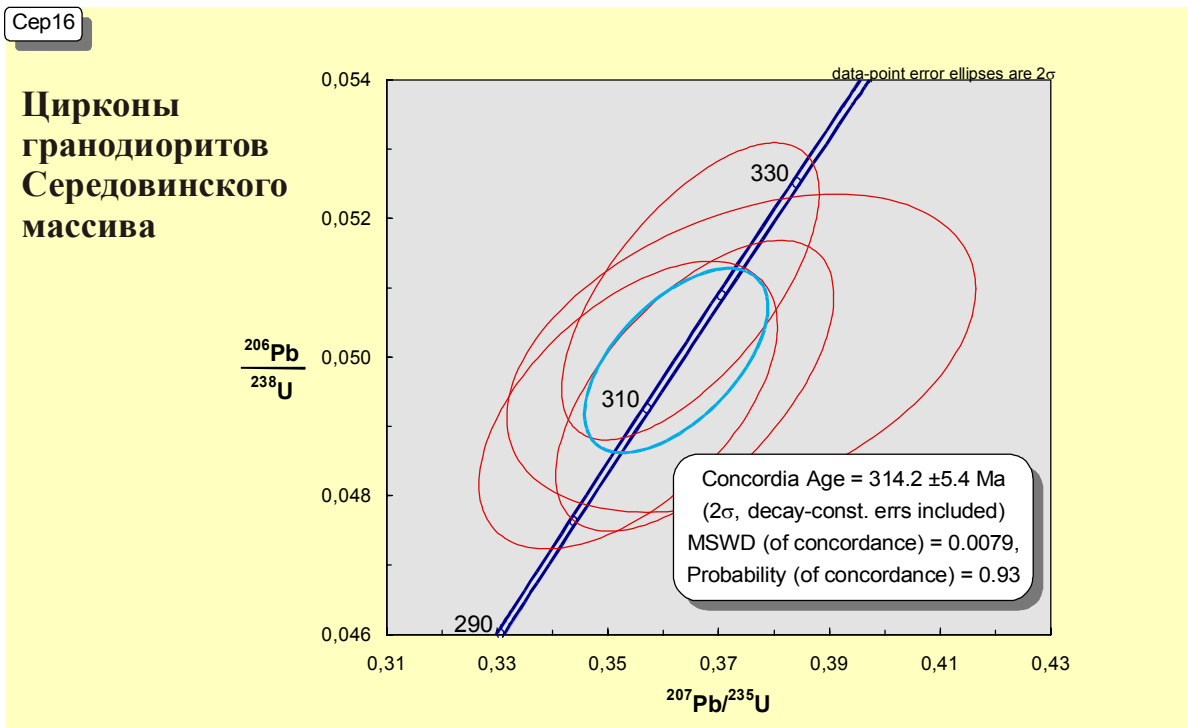


Рис. 3. U-Pb диаграмма с конкордией для цирконов из гранодиорита (Сerp16) Середовинского массива.

мировались существенно гранодиоритовые серии – исетская тоналит-гранодиоритовая и таватуйская тоналит-трондьемитовая. На протяжении второго этапа сформировались массивные граниты центральных тел массива. Более подробную информацию о химическом составе пород читатель найдет в работе [Зинькова, 1997]. Rb-Sr возраст пород таватуйской серии

соответствует цифре 316±6 млн лет, а исетской – 320±12 млн лет. Rb-Sr-возраст массивных гранитов центральных тел массива - 276±5 млн лет. По отдельным зернам циркона методом Кобера [Kober, 1986, 1987] были получены $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраста пород различных серий Верхисетского массива [Montero et al., 2000], среднее значение которых для исетской и

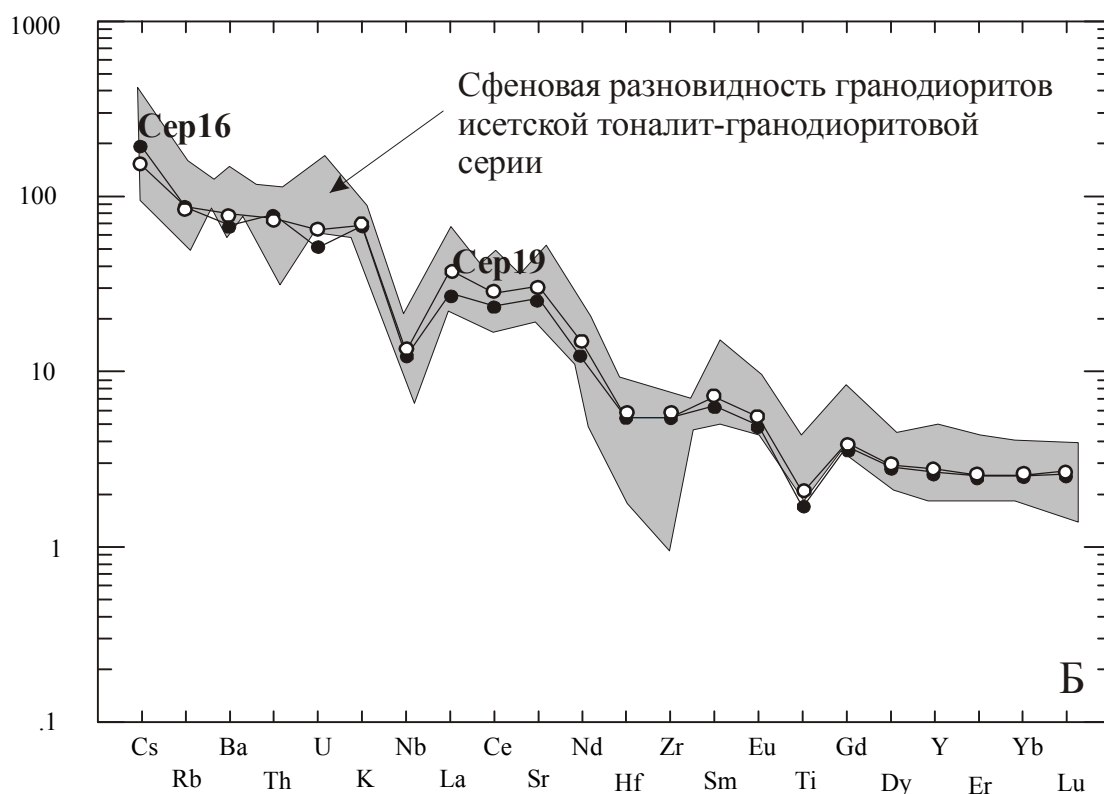
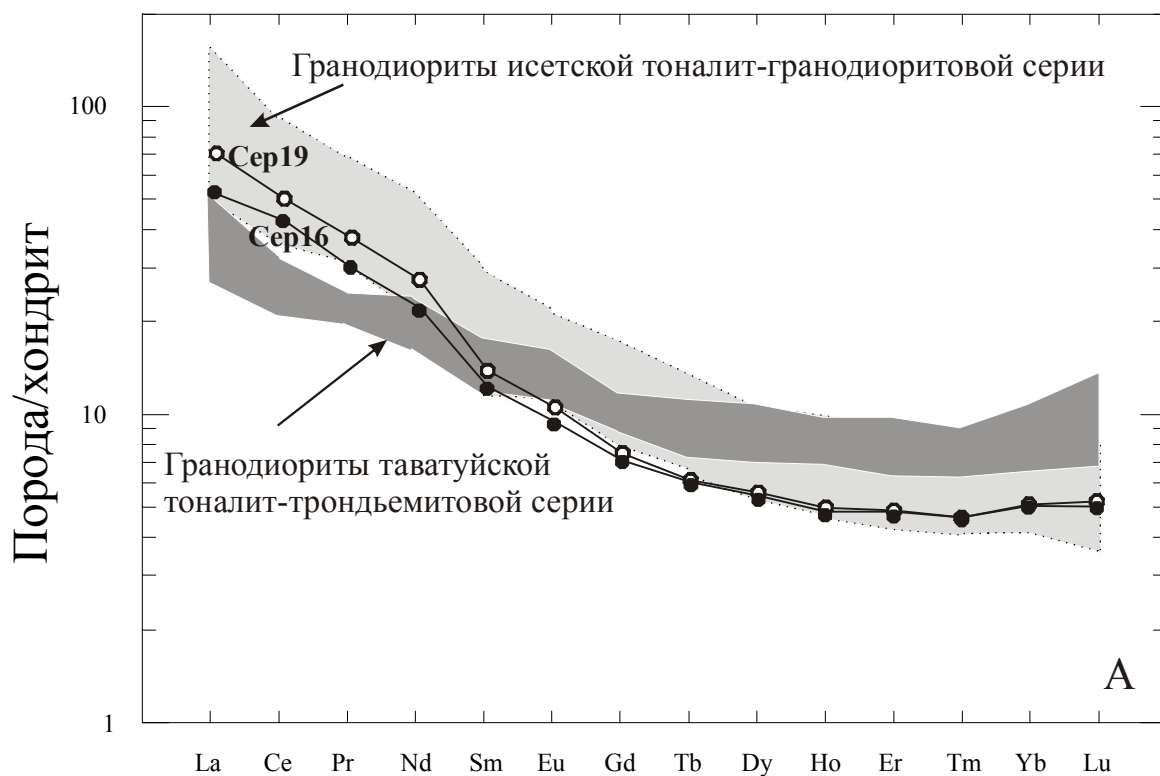


Рис. 4. Распределение РЗЭ (А) и нормированные к примитивной мантии (Б) составы гранодиоритов Середовинского массива (Сerp16, Сerp19). Залитыми полями показаны области составов гранодиоритов различных серий Верхисетского массива.

А: светло-серый тон – наиболее распространенная по массиву исетская тоналит-гранодиоритовая серия, темно-серый тон – таватуйская тоналит-гранодиоритовая серия. Б: светло-серым тоном показана сфеновая разновидность гранодиоритов, выполняющая Федьковскую структуру на северо-западе Верхисетского массива.

Результаты U-Pb-SHRIMP-исследований цирконов из гранодиоритов (Сер16)
Средовинского массива

Точка измерения	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, %	U	Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	206Pb*, г/г	Возраст, млн лет	
		г/г				$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
Сер16.1.1	0,36	303	71	0,24	13,1	314,9±5,8	379±95
Сер16.1.2	0,27	650	138	0,22	27,8	312,0±5,3	349±50
Сер16.2.1	0,19	774	281	0,38	33,9	320,4±5,4	283±45
Сер16.3.1	0,32	813	290	0,37	34,6	310,3±5,2	286±59

Примечание. Погрешность – 1s; Pbc и Pb* – пропорции обычного и радиогенного свинца соответственно. Погрешность в калибровке стандарта 0,68 %.

вагуйской серий составило 318±4 млн лет и идеально совпало с их Rb-Sr-возрастом. Детальное исследование цирконов из молодых гранитов выявило их изотопную гетерогенность: ядра цирконовых зерен имеют $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -возраст от 314 до 295 млн лет, а возраст их краевых частей (275-280 млн лет) совпадает с Rb-Sr-возрастом, что свидетельствует о сложной истории формирования гранитов и их связи с предшествующими породами преимущественно гранодиоритовых серий массива. Из проведенного сравнительного анализа возрастных данных по массивам следует, что U-Pb-SHRIMP датировки цирконов из гранодиоритов Средовинского массива попадают в интервал возрастов ранних гранодиоритовых серий Верхисетского массива и ядер цирконовых зерен из молодых серий, унаследованных ими от ранних серий.

На диаграммах распределения редкоземельных и редких элементов (рис. 4) гранодиориты Средовинского массива так же попадают в области составов гранодиоритов исетской тоналит-гранодиоритовой серии Верхисетского массива (см. рис. 4А), наиболее совпадая со сфеновой разновидностью этой серии (см. рис. 4Б). Следует пояснить, что гранодиориты исетской серии представлены магнетитовой и сфеновой разновидностью. Предполагалось [Бородин и др., 1975], что первые кристаллизовались в условиях безмагнетитовой феррофации, а вторые – в условиях магнетитовой феррофации. Именно сфеновыми гранодиоритами выполнена Федьковская структура на северо-западе Верхисетского массива, наиболее близко расположенная к Средовинскому массиву.

Таким образом, полученные нами новые данные по гранодиоритам Средовинского массива и проведенный сравнительный анализ этих данных с имеющимися данными по гранитоидам Верхисетского массива позволили заклю-

чить, что гранодиориты Средовинского массива внедрялись и кристаллизовались в среднекаменноугольное время и относятся к ранним существенно гранодиоритовым сериям Верхисетского массива.

Авторы признательны доктору геол.-мин. наук профессору Г.Б. Ферштатеру за плодотворное обсуждение результатов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 05-05-64079).

Список литературы

Бородин Н.С., Двоеглазов Д.А., Ферштатер Г.Б. и др. Применение анализа феррофаций для интерпретаций магнитных аномалий над гранодиоритами Верхисетского массива в связи с условиями петрогенезиса // Ежегодник-1978. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1979. С. 45-48.

Зинькова Е.А. Геохимия, история формирования и петрогенезис Верхисетского гранитоидного массива, Средний Урал. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1997. 23 с.

Месторождения золота Урала / В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, В.А. Коротеев и др. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН-УГГГА, 2001. 622 с.

Смирнов В.Н., Ведерников В.В. Магматизм Петрокаменской структурно-формационной зоны (Средний Урал). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 72 с.

Смирнов В.Н., Беа Ф., Монтеро П. и др. Результаты Rb-Sr-датирования и изучения изотопного состава Nd в гранитоидах Верхисетского массива (Средний Урал) // Докл. РАН. 1998. Т. 363. № 4. С. 389-391.

таBea F., Fershtater G.B., Montero P.G. et al. Generation and evolution of subduction – related batholiths from the Central Urals: Constraints on the P-T history of the Uralian Orogen // Tectonophysics. 1997. V. 276. № 1-4. P. 103-116.

Kober B. Whole grain evaporation for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -age-investigations on single zircons using a double-filament thermal ion source // Contrib. Miner. Petrol. 1986. 93. P. 482-490.

Kober B. Single-zircon evaporation combined with Pb^+ emitter-bedding for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age investigations using thermal ion mass spectrometry and implications to zirconology // Contrib. Miner. Petrol. 1987. 96. P. 63-71.

Larionov A.N., Andreichev V.A., Gee D.G. The Vendian alkaline igneous suite of northern Timan: ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenite // Geological Societ., London. Memoirs. 30. P. 69-74.

Montero P., Bea F., Gerdes A. et al. Single-zircon evaporation ages and Rb-Sr dating of four major Variscan batholiths of the Urals: A perspective on the timing of deformation and granite generation. 2000 // Tectonophysics. 2000. № 317. P 93-108.

Williams I.S. 1998. U-Th-Pb Geochronology by ion microprobe // Applications in microanalytical techniques to understanding mineralizing processes. Reviews in Economic Geology. V. 7. P. 1-35.