

УДК 553.3/.4.078:553.2:551.73

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО АБСОЛЮТНЫМ ВОЗРАСТАМ
ВЛАДИМИРОВСКОГО МАССИВА И ВМЕЩАЮЩИМ ЕГО
ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

А.И. Гусев¹, Н.И. Гусев²

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукина, Бийск,

ФГУП «Всероссийский геологический исследовательский институт

им. А.П. Карпинского», Санкт-Петербург,

E-mail: anzerg@mail.ru, Nicolay_Gusev@mail.ru

Приведены новые данные об абсолютном возрасте габброидов Владимировского силла, дайки монцогаббро и туфов риолитов. Ранее они относились к ранне-среднему девону. Даны петрогеохимические и петрологические особенности всех породных типов силла. Монцогаббро силла имеет абсолютный возраст 458,8 млн. лет, что отвечает среднему ордовику. Абсолютный возраст туфов риолитов, вмещающих силл, составляет 469,1 млн. лет. Породы силла дифференцированы от известково-щелочных разностей до шошонитовых и источник их формирования близок в астеносферному. Туфы риолитов относятся к ультракалиевой серии. Значительное уточнение возраста вмещающих вулканогенных образований и Владимировского силла дают основание для нового картирования северной окраины Коргонского прогиба. В рудах Владимировского месторождения определены промышленные содержания редких земель и повышенные концентрации платиноидов и золота.

Ключевые слова: Горный Алтай; силл; габбро; монцогаббро; диориты; монцодиориты; туфы риолитов; циркон; изотопы Sm и Nd, Co; REE; платиноиды; Au.

DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16303

Дата поступления: 10.12.2021

В северном обрамлении Коргонского прогиба при ГДП-200 [Уваров и др., 1999] выделено несколько штоков габб-

роидов и диоритов, отнесённых к майорскому комплексу (Владимировский, Тимофеевский, Кириловский, Еловский и

другие) Владимирского ареала [Шокальский и др., 2000]. С некоторыми из них связаны специфические типы оруденения: скарновые кобальтовое и железорудное, а также некоторые проявления уранового и редкометалльно-редкоземельного составов. К этой же полосе приурочен и Кумирский шток с одноименным скандий-уран-редкоземельным месторождением. Такой ассоциации типов оруденения нигде более в Коргонском прогибе не наблюдалось.

При проведении студенческих практик (2008–2014 гг.) и экспедиций Бийского отделения Русского географического общества «Коргон-2020» и «Коргон-2021» в этом районе установлено, что визуально габброиды и диориты, а также ассоциации дифференциатов и дайковых образований и связанных с ними типов оруденения, не укладывались в традиционное понимание типоморфных разностей майорского комплекса и его металлогении. В этой связи стало весьма актуальным – более детальное изучение вещественного состава Владимирского массива и определение его абсолютного возраста.

Цель исследования – детальное изучение вещественного состава Владимирского массива, определение и уточнение его абсолютного возраста.

Аналитические методы исследований

Определения редких и рассеянных элементов в пробах проведены в ЦЛ ФГУП «ВСЕГЕИ»; редких элементов в горных породах и платиноидов выполнены эмиссионной спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS анализ) на спектрометре «OPTIMA-4300», для Cu, Zn, Pb, Li, методом ISP-AES (г. Санкт-Петербург); U–Pb изотопное датирование (SHRIMP II). При выборе в цирконах участков для анализа использовались оптические и катодолюминесцентные наблюдения. U-Pb отношения были нормированы на значение 0,0668 по соответствующему стандарту «Темога». Погрешность измерений единичных анализов в пределах 1s, для расчетных конкордантных возрастов и их пересечений с конкордией 2s. Графики строились с использованием программы ISOPLOT/EX.; масс-спектрометрическое определение изотопного состава Sm-Nd – в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ на приборе TRITON (г. Санкт-Петербург).

Геологическое строение участка

Владимирский массив и скарновое Владимирское кобальтовое месторождение (рис. 1) расположены в зоне Чарышско-Теректинского разлома. Месторождение приурочено к зоне скарнов в контакте габбро-диоритового

массива (ранее относимого к майорскому комплексу раннего-среднего девона), прорывающего туфы и лавы плагиоклазовых, пироксен-плагиоклазовых порфиритов и риолитов нижедевонской коргонской свиты.

По нашим данным массив относится к небольшим силлам с двумя фазами внедрения. В первую фазу формировались габбро, монцогаббро, и габбро-диориты, во вторую - диориты, монцодиориты и диоритовые порфириты (рис. 1). Дериваты ранней фазы тяготеют к контактовой северной части, а более поздние – локализируются в центре силла и на его южной периферии. Такой характер зональности свидетельствует о том, что дифференциация внедрившегося интрузива происходила сравнительно быстро при этом, ранние фазы не успевали закристаллизоваться и легко прорывались последующими с формированием прямой зональности [Vignerese, 2007]. Контакты интрузива согласные и субсогласные, что позволяет рассматривать его как дифференцированный силл. Геологические данные свидетельствуют о том, что силл претерпел складчатость, а в результате дизъюнктивных смещений принял субвертикальное положение, при этом северный контакт явно сорван по разлому. В свою очередь, фазовые порции расплавов дифференцировались от нормальной известково-

щелочной и к повышенной щёлочности с образованием монцонитоидов.

В составе силла преобладают диоритовые порфириты (состав %): плагиоклаз (андезин № 28–42) – 20–80, клинопироксен – 10–30, роговая обманка обыкновенная – 10–30, калиевый полевой шпат – 5–20, актинолит – 0,5, биотит, кварц – 0–5; вторичные минералы: эпидот – 1–15, хлорит – 1–20, кальцит – 1–2; единичные зёрна: апатит, турмалин, пирит, ильменит, рутил. В габбро и габбро-диоритах доля клинопироксена увеличивается до 50%, а более основной плагиоклаз – сосюритизирован. В рудном поле распространены дайки базальтоидов. Западная часть силла близка к подводющему каналу, что подтверждается наибольшим распространением петрографических разновидностей пород, преобладанием основных разновидностей в этой его части и наиболее мощными скарнами с разнообразными типами оруденения. В этой же части локализуются и дайки долеритов.

Скарны и наложенное оруденение месторождений

Зона скарнов с наложенной кобальтовой минерализацией имеет мощность 400 м и протяженность более 2 км. Скарны образованы в результате метасоматического замещения туфов риолитов, плагиоклазовых порфиритов, ранее

относимых к коргонской свите девона и в меньшей мере – за счет пород интрузива. Амфибол-гранатовые и гранат-пироксеновые скарны в рудных зонах преобразованы в кварц-скаполит-амфибол-анкеритовые породы. Гнездо-во-вкрапленное и прожилковое кобальтовое оруденение имеет наложенный характер. Величина вкрапленников от долей мм до 2–3 см, мощность прожилков 0,5–0,7 см. В пределах зоны по бортовому содержанию кобальта 0,1% выделено несколько линзо-штокообразных, реже пластообразных рудных тел, приуроченных к местам пересечения субширотных и субмеридиональных тектонических зон. Минеральные типы руд – кобальтиновый, кобальтсодержащий арсенопиритовый, пирит-пирротинный с уранинитом (линзы до 1×13 м) при среднем содержании урана – 0,116% и тория – 0,007% [Уваров и др., 1999].

Урановая минерализация, представлена мелкими вкраплениями уранинита в амфиболе и пирите, также приурочена к скарнам, а в их пределах локализуется в сульфидизированных (пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, молибденит, борнит, кобальтин) зонах дробления. Наиболее крупная урановорудная зона прослежена на 150 м при ширине 10–15 м. Содержание урана варьирует от следов до 0,49%. Содержа-

ние кобальта в рудах варьирует от следов до 7,43% при среднем по месторождению – 0,5%. Запасы кобальта по двум рудным телам по категориям В+С₁+С₂ на глубину 120 м составляют 941 т [Уваров и др., 1999].

Нашими исследованиями установлено, что в метасоматитах по роговикам и скарнах месторождения присутствует монацит, а содержания суммы редких земель в рудах варьируют от 36 до 622 г/т, при резком преобладании лёгких редкоземельных элементов (РЗЭ) – лантана и церия над тяжёлыми. В существенно сульфидных рудах отмечено повышенное содержание скандия от 15 до 65 г/т.

Владимировское месторождение, вероятно, относится к семейству месторождений пятиэлементной формации и характеризуется рудной минерализацией, связанной как с габброидами (Со, Ni), так и с кислым магматизмом (Мо, U, РЗЭ). Важным показателем связи кобальтового оруденения с базитовым магматизмом являются повышенные содержания в рудах элементов платиновой группы. На основе большой коллекции кобальтовых руд из разных типов Со месторождений Алтае-Саянского региона содержание платиноидов в рудах достигает (г/т): Pt 1,0, Pd = 1,65, Rh = 0,014 [Третьякова, 2011].

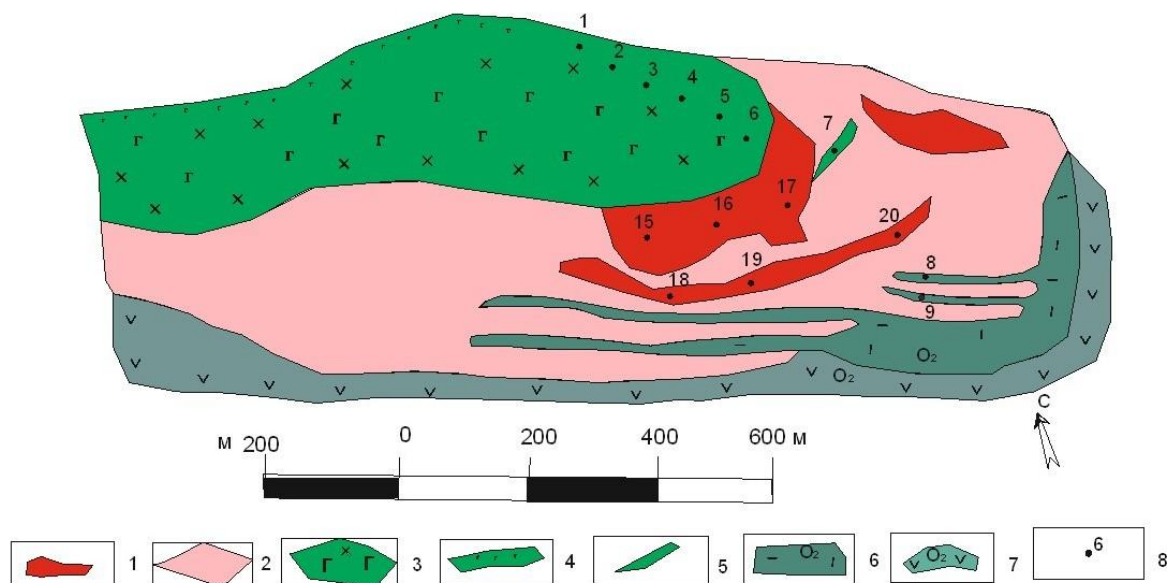


Рис. 1. План опробования Владимирского кобальтового месторождения.

1 – рудные тела с кобальтовой минерализацией; 2 – скарны амфибол-гранатовые и гранат-пироксеновые; 3 – неразделённые габбро, монзогаббро, габбро-диориты, монзодиориты, диориты, диоритовые порфириды; 4 – мелкозернистые габбро эндоконтакта; 5 – дайки монзогаббро; 6 – туфы риолитов, 7 – плагиоклазовые порфириды; 8 – места отбора проб и их номера.

Fig 1. Plan of sampling Vladimirskoe cobalt deposit.

1 – ore bodies with cobalt mineralization; 2 – skarns amphibole-garnet and garnet-pyroxene; 3 – non divided gabbro, monzogabbro, gabbro-diorites, monzodiorites, diorites, diorite porphyrites; 4 – fine-grained gabbro endo-contact; 5 – dikes of monzogabbro; 6 – tuffs of rhyolites, 7 – plagioclase porphyrites; 8 – sites of sampling probes and its numbers.

В рудах большинства кобальтовых месторождений преобладает Pd. В наибольших количествах он присутствует в высокотемпературных Co-As рудах (до 1,08–1,65 г/т), отличающихся повышенными содержаниями Cu, Mo, Au [Третьякова, 2011]. К их числу относятся руды Владимирского месторождения, поэтому они проанализированы на золото и платиноиды.

Петро-геохимические особенности пород Владимирского сипла

Габбро залегает в подошве штока, имеет тёмную окраску, массивную тек-

стуру, от офитовой до долеритовой структуру. Состав (%): плагиоклаз 65, ортопироксен – 20, клинопироксен – 5, оливин – 5, роговая обманка – 10. Аксессуары включают магнетит, титано-магнетит, лейкоксен. Ортопироксен (гиперстен) наблюдается в виде неправильных зёрен замещается роговой обманкой. Клинопироксен представлен авгитом, слегка окрашен в буроватый цвет. Оливин образует овально-округлые выделения в виде агрегатов. Некоторые такие агрегаты окружены каймой рудного минерала.

Плагиноклаз представлен 2 генерациями. Плагиноклаз 1 – битовнит (№ 70–71) выделяется в виде крупных кристаллов таблитчатой формы, сильно сосюритизирован. Плагиноклаз 2 генерации (лабрадор № 55–59) таблитчатой и призматической форм, местами нацело сосюритизирован.

Монцогаббро залегают на габбро, характеризуется серой, тёмно-серой окраской. Структура монцонитовая, местами переходящая в призматически-зернистую и порфировую. Состав (%): плагиноклаз 35, калиевый полевой шпат – 15, авгит – 35, роговая обманка – 10, эпидот – 5. Авгит местами образует крупные порфировые выделения разме-

рами до 3 мм, образуя порфировидную структуру, обнаруживаемую под микроскопом (рис. 2). Акцессории: магнетит, титаномагнетит, лейкоксен, апатит. Плагиноклаз призматической формы отнесён к андезину – 38–39 с узкой каёмкой альбит-олигоклаза. Сосюритизирован. Авгит образует ксеноморфные зёрна и замещается эпидотом. Обыкновенная роговая обманка гипидиоморна и также замещается эпидотом. *Диориты* обнаруживаются выше монцогабброидов и имеют тёмно-серый цвет. Структура призматически-зернистая. Состав (%): плагиноклаз – 64–61, роговая обманка – 35, эпидот – 3–5.

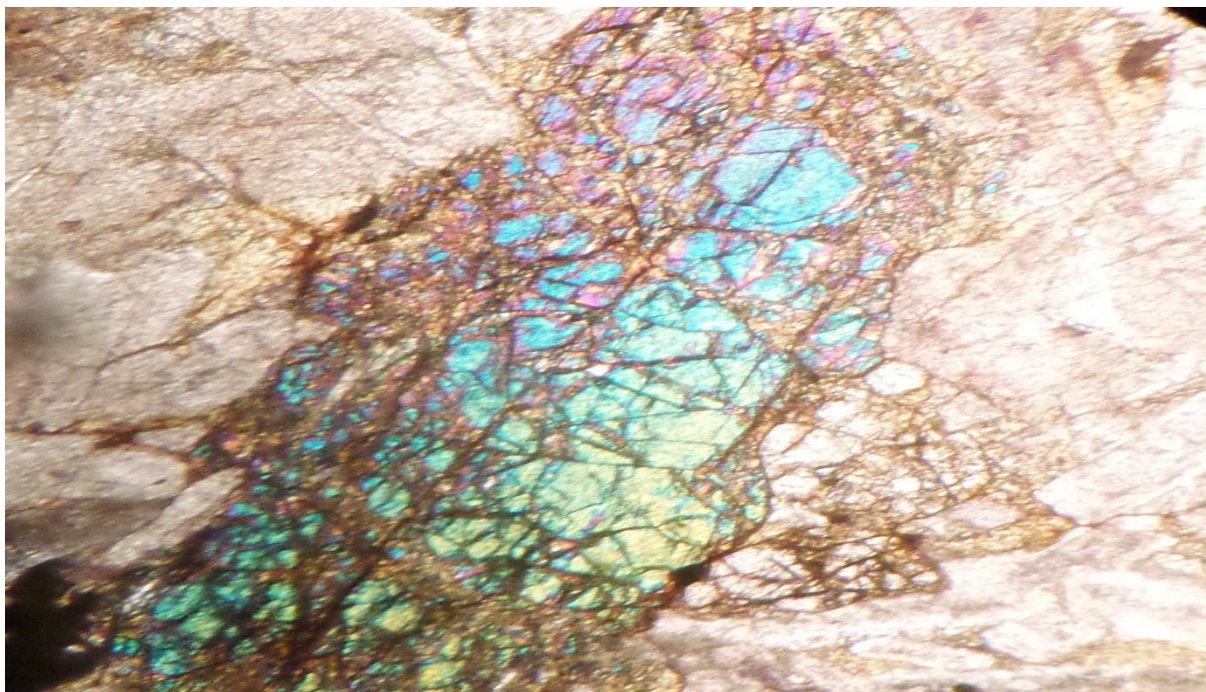


Рис. 2. Порфировое выделение авгита (зелёного цвета) среди плагиноклаза в монцогаббро (никколи скрещенные, увеличение 80, микроскоп ПОЛАМ РП-1, объединения ЛОМО).

Fig 2. Porphyre separation of augite (green of color) between plagioclase in monzogabbro (nicols crossed, increasing 80, microscope POLAM RP-I association LOMO).

Среди аксессуаров отмечены апатит, магнетит, титано-магнетит, ортит. Плагиоклаз призматической формы полисинтетически сдвойникован, по составу варьирует от олигоклаза до андезина. Слабососсюритизирован. Обыкновенная роговая обманка длиннопризматическая, часто идиоморфная, замещается эпидотом.

Монцодиориты встречаются среди диоритов. Это зеленовато-тёмно-серые породы средне-кристаллические, гипидиоморфно-зернистой микроструктуры. Состав (%): плагиоклаз (An) с номерами от 31 до 48–67, моноклинный пироксен (авгит) – 15, калиевый полевой шпат – 15, эпидот – 3. Спектр аксессуарных – апатит, магнетит, титаномагнетит, циркон.

Химический состав породных типов приведен в табл. 1.

В целом породы силла характеризуются несколько повышенными концентрациями скандия, палладия и золота, в особенности в более основных породах и дайках монцогаббро. Тетрадный эффект фракционирования РЗЭ ($TE_{1,3}$) не достигает значений, превышающих градации для М- и W- типов.

ТАС – диаграмма демонстрирует переход в составе силла от известково-щелочных габброидов к монцогаббро и от диоритоидов к монцодиоритам (рис. 3).

Таблица 1

Состав интрузивных пород Владимирского силла и вмещающих туфов риолитов (оксиды в %, элементы в г/т)

Table 1

Composition of igneous rocks of sill and country rock rhyolites
(oxides in %, elements in ppm)

Компоненты	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10
SiO ₂	49,8	44,1	49,1	56,3	58,6	52,2	48,5	75,1	74,4	56,0
TiO ₂	1,44	1,98	1,09	1,43	1,47	2,13	1,24	0,015	0,092	0,92
Al ₂ O ₃	19,0	13,6	19,8	14,9	16,2	15,1	15,8	13,2	14,3	15,2
Fe ₂ O ₃	2,66	3,9	2,98	3,14	3	3,35	2,54	0,53	0,99	2,89
FeO	6,59	11,7	6,64	7,41	4,86	8,95	9,47	0,25	0,44	7,71
MnO	0,16	0,22	0,17	0,2	0,19	0,21	0,22	0,026	<0,01	0,28
MgO	4,43	7,54	3,77	2,64	2,14	3,78	7,04	0,21	0,51	4,39
CaO	5,53	9,1	4,49	4,01	3,17	5,37	6,55	0,44	0,26	4,21
Na ₂ O	4,26	2,07	3,86	5,91	7,01	5,61	3,93	<0,1	1,03	2,99
K ₂ O	1,86	0,91	3,4	0,62	0,39	<0,1	0,56	8,84	5,79	0,51
P ₂ O ₅	0,28	0,18	0,32	0,55	0,58	0,23	0,1	<0,05	<0,05	0,16
loi	3,32	3,41	3,48	1,86	1,79	2,15	3,11	1,15	2,06	3,95
Σ	100,0	100,0	99,8	99,8	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0
V	209	580	172	101	86	307	299	<2,5	8,6	230
Cr	1,74	16,5	2,52	<1	<1	1,87	68,1	2,87	10,8	44,9
Co	25,3	60,9	25,7	19,4	13,9	40,6	39,2	0,76	2,74	34,9
Ni	8,67	37,2	6,26	<1	<1	8,23	50,7	1,57	5,21	40,1
Cu	16,6	85,8	34,8	3,37	<1	10,6	50,3	<1	4,52	17,2
Zn	69,7	89,9	75,1	88,3	66,2	84,8	135	9,37	351	114

Компоненты	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10
Rb	24,6	21,2	45	11	9,2	4,12	17	218	170	12,3
Sr	547	335	518	269	239	118	317	183	70,6	280
Nb	2,52	1,89	3,18	6,57	6,59	3,19	1,18	6,4	13,5	2,61
Cs	1,42	2,5	1,89	1,42	0,55	2,26	0,87	0,9	2,31	0,72
Ba	312	288	494	204	128	44,2	187	1720	628	198
Pb	<1	1,25	1,48	1,53	<1	1,78	3,22	2,56	14,8	3,42
Th	0,61	0,46	0,57	1,72	1,55	0,54	0,45	8,13	10	0,99
La	6,75	4,69	8,07	17,3	13,6	7,66	4,12	35,8	25,7	5,8
Ce	16,1	11,5	18,7	40,4	34,5	21,5	11	72,2	50,5	13,2
Pr	2,47	1,58	2,74	5,79	4,95	3,53	1,79	8,6	5,95	1,75
Nd	11,8	8,33	13,3	25,1	22,3	17,5	8,97	31,1	20,4	9,0
Sm	3,58	2,76	3,91	7,21	7,12	5,5	3,01	6,67	4,84	2,52
Eu	1,19	0,95	1,51	1,91	1,82	1,72	1,08	0,59	0,92	0,98
Gd	3,55	3,22	4,48	8,21	7,09	6,97	3,37	5,36	4,1	3,26
Tb	0,57	0,57	0,76	1,3	1,15	1,33	0,64	0,73	0,75	0,58
Dy	4,27	3,87	4,86	8,73	7,93	9,05	4,46	3,5	4,69	3,9
Ho	0,87	0,71	0,94	1,87	1,63	2,02	1,0	0,56	0,9	0,89
Er	2,48	2,3	2,75	5,83	4,98	5,7	2,99	1,51	2,66	2,45
Tm	0,4	0,35	0,49	0,81	0,8	0,94	0,46	0,18	0,38	0,38
Yb	2,54	2,1	2,72	5,74	5,31	6,22	3,47	1,21	3,14	2,86
Lu	0,35	0,27	0,32	0,77	0,71	0,83	0,4	0,13	0,37	0,37
Y	23,6	20,1	25,3	50,8	43	52,2	28,9	18,8	28	24,2
Ga	18	16	20	18,8	15,7	20,8	16,4	12,6	13,9	16,5
Zr	65,3	41,6	62	174	171	150	59	48	68,7	65
Sc	20,9	38	17,2	17,9	18,3	30,4	40,1	2,91	4,41	31,9
Hf	1,81	1,29	1,76	4,88	4,66	4,35	1,93	2,66	2,76	1,8
Ta	0,14	<0,1	0,16	0,43	0,48	0,24	<0,1	1,23	1,09	0,14
Mo	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Be	1,11	<1	<1	1,83	1,11	<1	<1	1,18	2,0	1,29
W	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,59	1,9	<0,5
U	0,3	0,24	0,3	0,82	0,7	0,23	0,2	2,87	3,68	0,26
Li	28,6	22,9	18,4	10,9	7,82	11,1	32,6	2,51	11,4	29
Ag	0,015	<0,01	0,014	0,022	0,019	0,011	0,03	<0,01	0,023	0,011
Ru	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Rh	<0,002	<0,002	<0,002	0,0033	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Pd	0,0097	0,0067	0,012	0,011	0,0096	0,012	0,0083	0,004	0,0028	0,0085
Ir	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Pt	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Au	0,0032	<0,002	0,004	<0,002	0,0029	0,0023	0,0094	<0,002	<0,002	0,0038
ΣREE	80,52	63,3	90,85	181,77	156,89	142,67	75,66	186,94	153,3	72,14
TE _{1,3}	0,98	1,02	1,0	0,99	1,01	1,03	1,02	1,03	1,07	0,95
Eu/Eu*	1,02	0,98	1,11	0,76	0,78	0,86	1,04	0,3	0,62	1,06
(LaYb) _N	1,75	1,47	1,95	1,99	1,69	0,81	0,78	19,6	5,4	1,34
Nb/Y	0,11	0,09	0,13	0,13	5,6	0,02	0,04	0,34	0,48	0,11
Zr/Y	2,8	2,07	2,45	1,42	3,98	2,87	2,04	2,55	2,45	2,68

Примечание. Анализы выполнены: силикатный на главные компоненты химическим методом и для микроэлементов - методом ICP-MS и ICP-AES в лабораториях ВСГЕИ (г. Санкт-Петербург) и ИМГРЭ (г. Москва). Прочерки – анализы не проводились. N- элементы нормированы по [Anders, Greevesse, 1989]. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ (среднее между первой и третьей тетрадами) по [Irber, 1999]; Eu* = (Sm_N + Gd_N)/2. Породы силла: B-1, B-3 – монцогаббро; B-2 – габбро; B-4 – диорит; B-5 – монцодиорит; B-10 – диоритовый порфирит; B-7 – дайка монцогаббро; B-8 – B-9 – туфы риолитов.

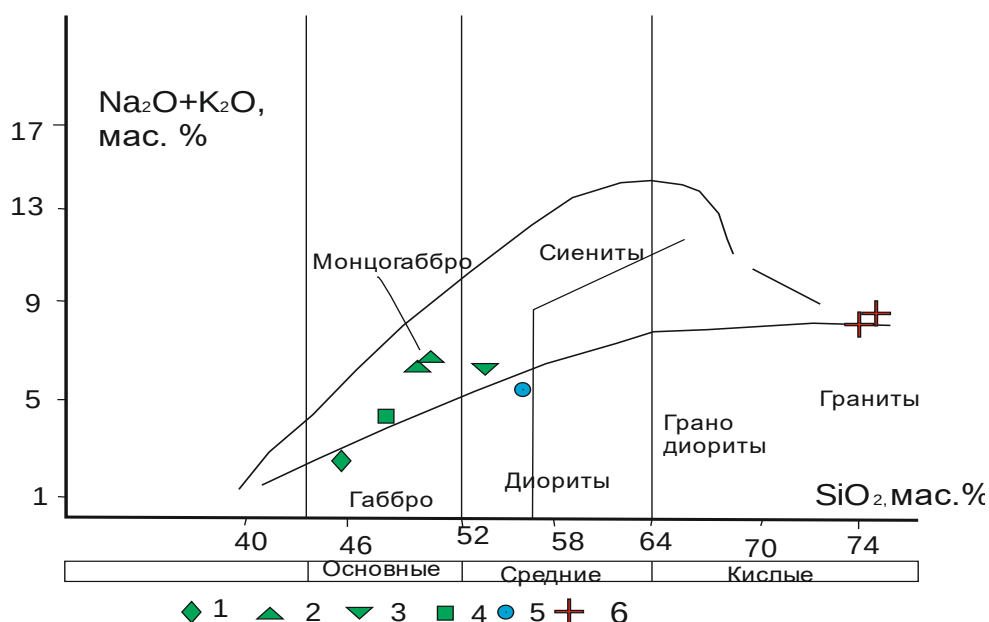


Рис. 3. Петрохимическая диаграмма диагностики горных пород в координатах $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ для пород Владимирского силла и вмещающих туфов риолитов.

1 – габбро, 2 – монцогаббро, 3 – габбро-диорит, 4 – дайка монцогаббро, 5 – диориты и диоритовые порфириды, 6 – туфы риолитов.

Fig. 3. Petrochemical plot of diagnostic rocks in coordinate $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ for rocks of Vladimirskii sill and country tufts rhyolites.

1 – gabbro, 2 – monzogabbro, 3 – gabbro-diorite, 4 – dike of monzogabbro, 5 – diorites and diorite porphyrites, 6 – tufts of rhyolites.

На диаграмме $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$ породы штока локализуются в полях известково-щелочной и шоссонитовой серий, а

туфы риолитов - в ультракалиевой серии. (рис. 4).

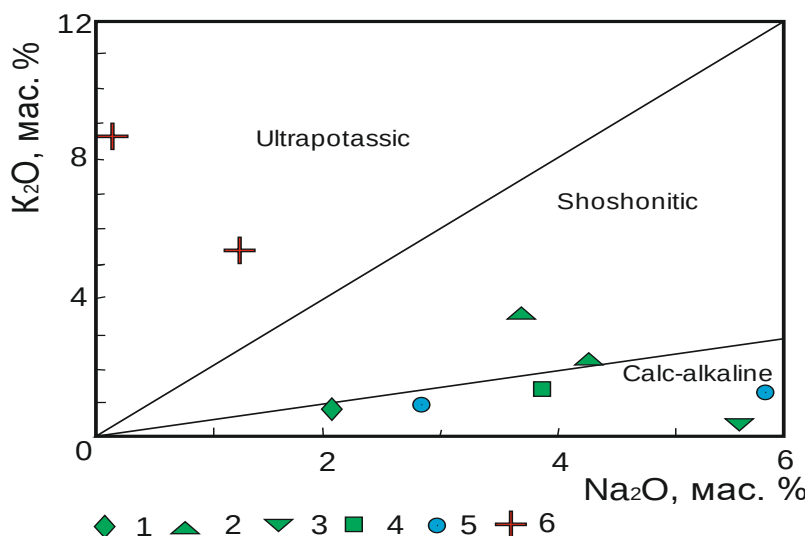


Рис. 4. Диаграмма $\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$ по [Davidson et al., 2007] для интрузивных пород Владимирского силла. Серии пород: Calc-alkaline- известково-щелочная, Shoshonitic – шоссонитовая, Ultrapotassic – ультракалиевая.

Остальные условные обозначения как на рис. 3.

Fig. 4. Plot $\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$ after [Davidson et al., 2007] for rocks of Vladimirskii sill. Series of rocks: Calc-alkaline, Shoshonitic, Ultrapotassic Legend on fig. 3.

На спайдер-диаграммах наблюдаются максимумы по калию для всех породных типов и минимумы по титану и европию для туфов риолитов (рис. 5). В координатах La-Nb породные типы

Владимировского силла локализуются в области астеносферного источника, а туфы риолитов – в поле литосферного источника (рис. 6).

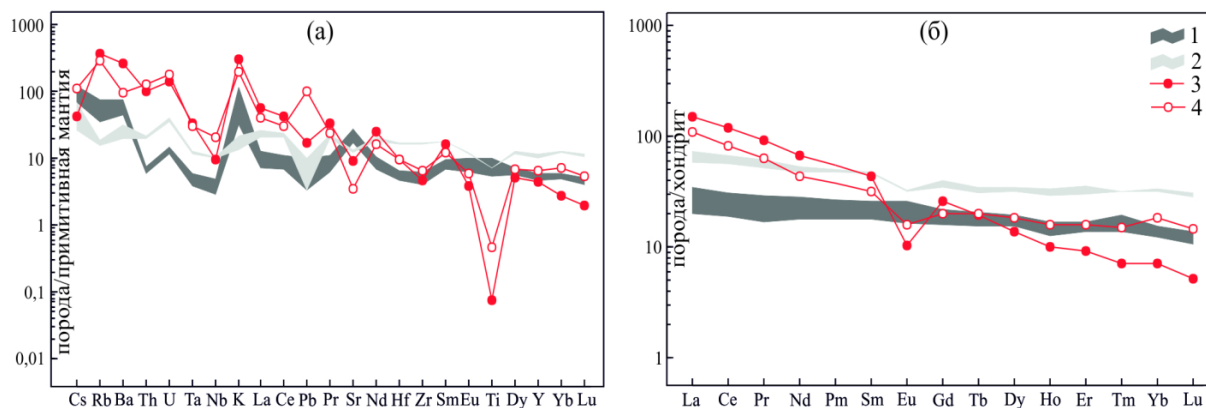


Рис. 5. Мультиэлементные диаграммы для пород Владимирского силла и туфов:
1 – габброиды (B-1, B-2, B-3); 2 – диоритоиды (B-4, B-5), 3, 4 – туфы кислого состава: 3 – B-8, 4 – B-9.
Fig.5. Multi-element plots for rocks for rocks of Vladimirkii sill and country tuffs rhyolites:
1 – gabbroids (B-1, B-2, B-3); 2 – dioritoids (B-4, B-5), 3, 4 – tuffs acid composition: 3 – B-8, 4 – B-9.

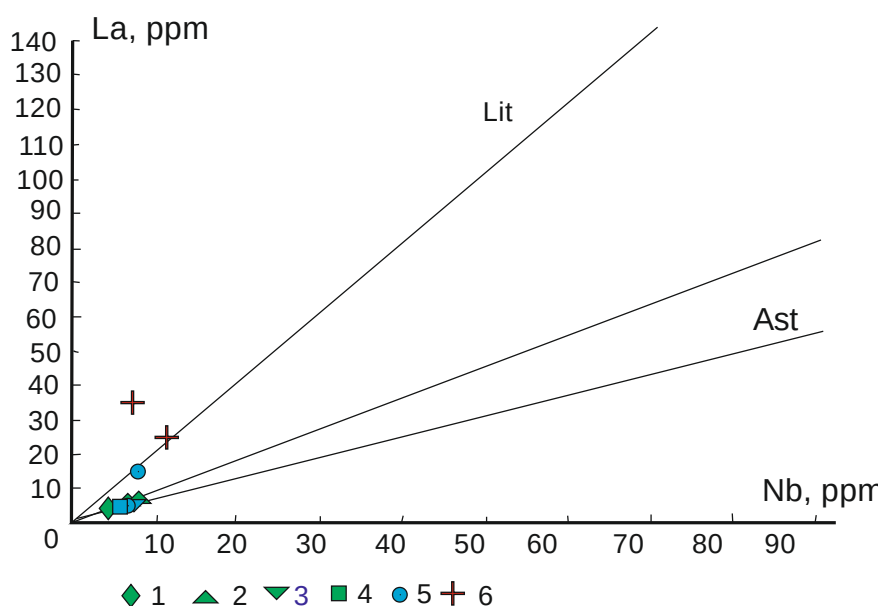


Рис. 6. Диаграмма La-Nb по [Putirka, Busby, 2007] для габброидов Владимирского силла.
Границы астеносферно производных лав Бассейнов и Хребтов по [DePaolo, Daley, 2000]:
Lit – литосферы, Ast – астеносферы. Остальные условные обозначения как на рис. 3.
Fig. 6. Plot La - Nb after [Putirka, Busby, 2007] for gabbroids of Vladimirkii sill.
Borders astenospheric derivatives lavas of Basins and Ranges after [DePaolo, Daley, 2000]:
Lit – lithosphere, Ast – asthenosphere. Legend on fig. 3.

Определение абсолютного возраста

U–Pb изотопное датирование (SHRIMP II) проведены по 33 пробам: циркона из монцогаббро, дайки монцогаббро, а также туфов риолитов из вмещающих пород.

Проба В-1, монцогаббро.

Цирконы коричневые, прозрачные идиоморфные и субидиоморфные кристаллы, часто со сколами, включениями и трещинками и их обломки. Длина 50–200 мкм, КУ = 1,2–3. В КЛ цирконы имеют свечение от слабого до яркого. Зональность примерно в 40% кристаллов тонкая магматическая с элементами секториальности. В остальных кристаллах – её следы и пятнистая зональность, приуроченная к зонам перекристаллизации, включениям и трещинкам. По результатам U–Pb датирования получен конкордантный возраст $455,4 \pm 6,1$ Ма, (средний ордовик) (рис.7); содержание

U = 145–691, Th = 81–650, Th/U = 0,37–1,24.

Проба В-7, дайка монцогаббро.

Цирконы светло-коричневые, прозрачные идиоморфные и субидиоморфные кристаллы, часто со сколами, включениями и трещинками и их обломки. Длина 80–180 мкм, КУ = 1,5–3. Один кристалл практически овальный, с шагреновой поверхностью.

В КЛ цирконы имеют свечение от слабого до яркого. Примерно в 40% кристаллов зональность четко выраженная, тонкая магматическая с элементами секториальности (1,1, 2,1, 3,21, 4,1, 5,1, 6,1, 7,1). В остальных кристаллах зональность выражена менее явно (10,1), до практически её отсутствия (8,1, 9,1, 11,1, 12,1). Также присутствуют кристаллы с пятнистой зональностью, приуроченной к структурным нарушениям (13,1, 14,1).

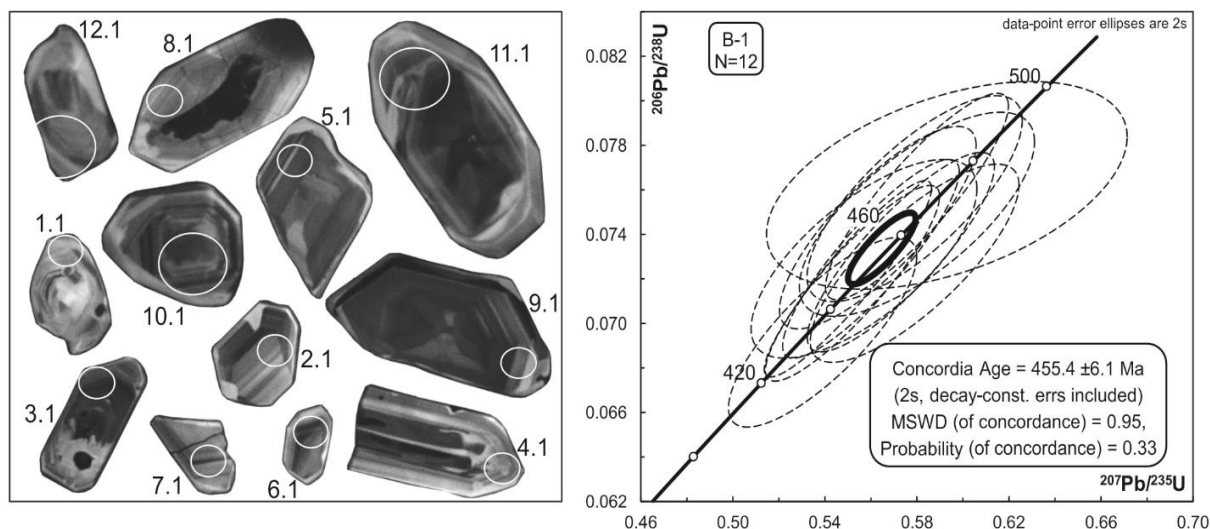


Рис. 7. Католюминесцентные изображения цирконов и конкордия возраста монцогаббро силла.

Fig. 7. Cathodo-luminescent image of zircons and concordia of age monzogabbro of sill.

Овальный кристалл с шагреновой поверхностью имеет слабое свечение и секториальную зональность. По результатам U-Pb датирования получен конкордантный возраст $458,8 \pm 5,7$ Ма (рис. 8), содержание U = 97–750, Th = 58–532, Th/U = 0,38–1,45.

Проба В-9, туф риолита из вмещающих пород Владимирского силла.

Цирконы коричневые двух типов:

– I тип – прозрачные и полупрозрачные трещиноватые обломки крупных (50–150 мкм) длиннопризматических кристаллов;

– II тип – прозрачные и полупрозрачные часто со сколами идиоморфные и субидиоморфные более короткопризматические кристаллы со сколами и их обломки, длина 50–150 мкм. КУ = 1,5–3.

В КЛ цирконы I типа имеют крайне слабое свечение и следы магматической зональности. Цирконы II типа имеют свечение от умеренного до яркого, хорошо выраженную осцилляторную зональность с элементами секториальности, нарушенную в зонах трещинок и включений.

По результатам U-Pb датирования:

– для цирконов I типа (7,1, 1,1, 10,1, 4,1) получен конкордантный возраст $403,0 \pm 8,2$ Ма, содержание U = 473–2339, Th = 138–735, Th/U = 0,21–0,32;

– для цирконов II типа (5,1, 3,1, 12,1, 13,1, 15,1, 6,1, 11,1, 14,1, 2,1) получен конкордантный возраст $469,1 \pm 7,4$ Ма (рис.9), содержание U = 145–866, Th = 81–788, Th/U = 0,58–0,99.

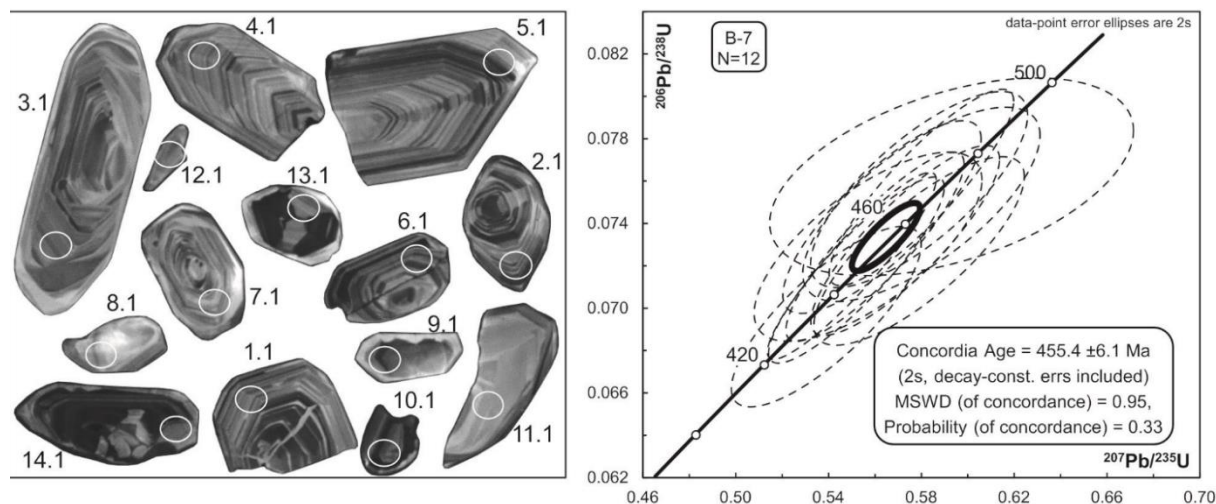


Рис. 8. Католюминесцентные изображения цирконов и конкордия возраста дайки монцогаббро.
Fig. 8 Cathodo-luminescent image of zircons and concordia of age monzogabbro of dike monzogabbro.

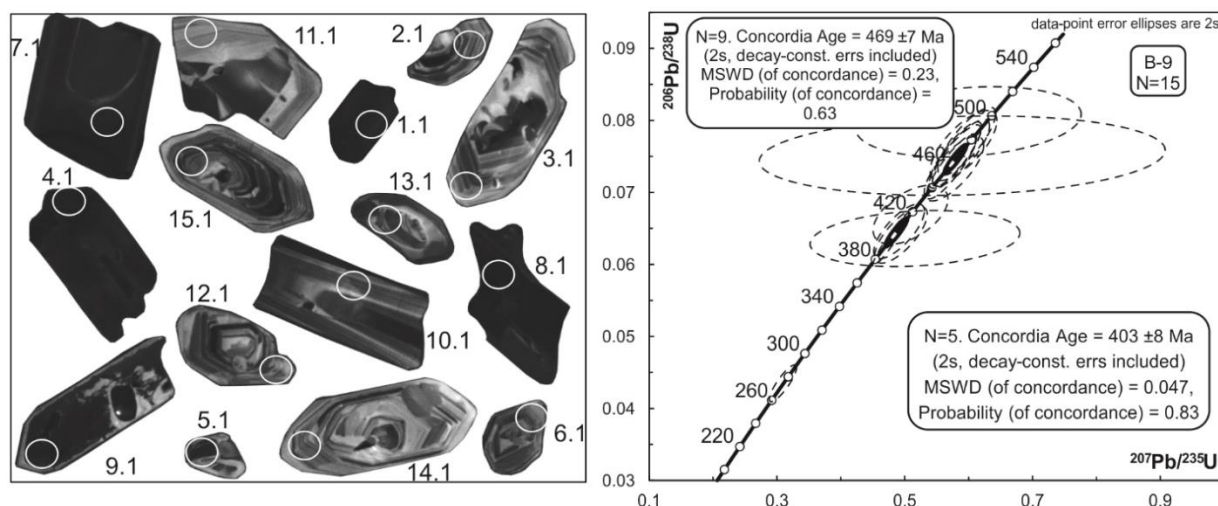


Рис. 9. Католюминесцентные изображения цирконов и конкордия возраста туфов риолитов.

Fig. 9. Cathodo-luminescent image of zircons and concordia of age tufts of rhyolites.

Конкордантный возраст $469,1 \pm 7,4$ млн. лет для туфов риолитов показал возраст вмещающих пород для Владимирского интрузива. Более молодой возраст цирконов $403,0 \pm 8,2$ указывает на наложенный циркон раннедевонского возраста, возможно связанного с кислым магматизмом раннего девона.

Для определения соотношений изотопов самария и неодима выполнено 2 анализа: монцогаббро и туфов риолитов. Сведения о содержаниях элемен-

тов, соотношениях изотопов и возрасте протолита приведены в табл. 2.

Эпсилон Nd в монцогаббро несколько повышен (5,04) и близок к таковым интрузий регионам Алтая среднепалеозойской консолидации, а возраст протолита туфов риолитов составляет 1172 млн. лет, (верхи среднего рифея) характерный для транзитной зоны от средне-палеозойской консолидации к Алтае-Монгольского террейну [Kruk et al., 2001].

Таблица 2

Определения изотопов самария, неодима и модельного возраста протолита

Table 2

Definition of isotopes samarium, neodium and model age of protolite

№ п/п	Названия пород	Возраст, млн. лет	Sm, г/т	Nd, г/т	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Sm}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	+/- 2S	$\epsilon\text{Nd}(0)$	$\epsilon\text{Nd}(T)$	TDM	TDM2
1	Монцогаббро	458,8	3,999	11,75	0,1748	0,512872	8	4,56	5,04	-	-
2	Туф риолита	469,1, 403	5,105	23,27	0,1329	0,51253	8	-2,11	1,18	1172	1066

На диаграмме соотношений $\epsilon\text{Nd}(T)$ – $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ монцогаббро располагаются выше состава хондритовых метеоритов по самарию и ниже – по неодиму (рис. 10). В то же время туфы риолитов по анализируемым показателям локализуются в поле синорогенных гранитоидов.

Заключение

Ранее считалось, что вмещающие Владимирский интрузив породы, относятся к коргонской свите раннего-среднего девона. Полученные данные позволяют рассматривать вмещающие вулканогенно-осадочные породы средне-ордовикскими, а сам интрузив дифференцированным силлом. Диффе-

ренциация в силле проходила в направлении снижения кислотности и одновременного увеличения щёлочности, фиксируемые в направлении от подошвы силла к его кровле. Западная часть силла и его рама со скарнами и оруденением, располагалась вблизи подводящего канала.

Следует отметить, что по северной окраине Коргонского прогиба закартированы ещё несколько интрузивов, отнесённых ранее к майорскому комплексу (Тимофеевский, Кириловский, Еловский и другие более мелкие, а также дайки), которые имеют весьма близкий состав породных типов к Владимирскому силлу.

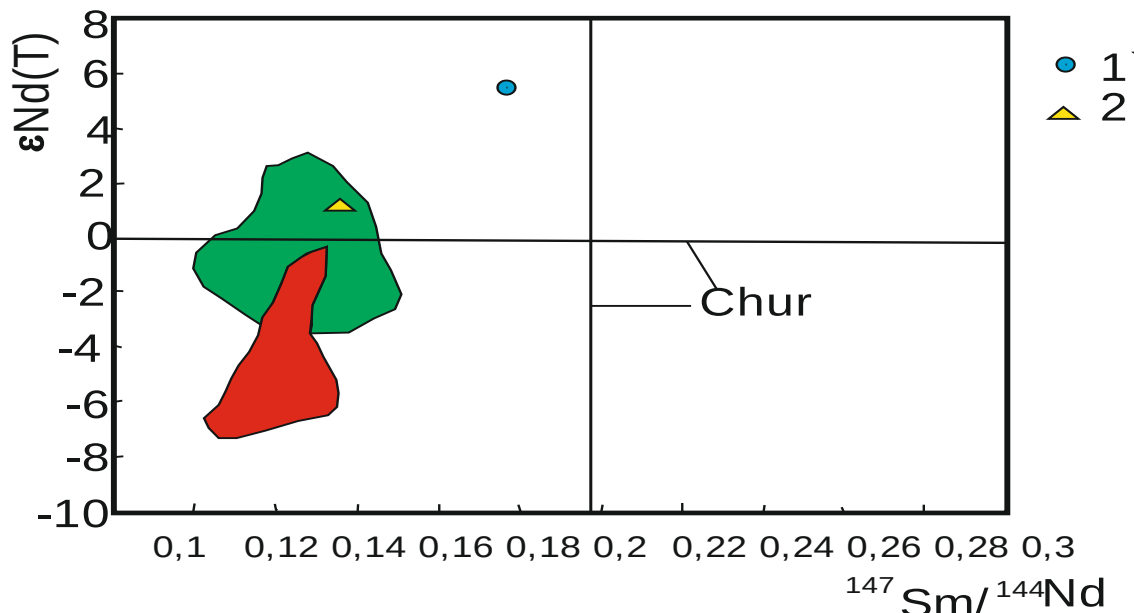


Рис. 10. Диаграмма $\epsilon\text{Nd}(T)$ – $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ для монцогаббро Владимирского силла и вмещающих туфов риолитов. Линии CHUR – составы хондритовых метеоритов; зелёное поле – синорогенные гранитоиды и красное поле – ранне-среднепалеозойские метаосадочные породы по [Zhao et al., 1993; Chen, Jahn, 2001]. 1 – монцогаббро, 2 – туфы риолитов.

Fig. 10. Plot $\epsilon\text{Nd}(T)$ – $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ for monzogabbro of Vladimirskii sill and country tuffs rhyolites. Lines CHUR – contents of chondrite meteorites; green field – sinorogenic granitoids and red field – Early-Middle Paleozoic metha-sediment rocks after [Zhao et al., 1993; Chen, Jahn, 2001]. 1 – monzogabbro, 2 – tuffs of rhyolites.

Кроме того, абсолютный возраст анорогенных лейкогранитов Кумирского штока (421 ± 16 млн. лет), приуроченного к этой же северной полосе Коргонского прогиба, также имеет «более древний» возраст, чем вмещающие его вулканогенно-осадочные образования кумирской ранне-девонской свиты. Возраст кумирской свиты также в этой связи ставится под сомнение. Он может быть не девонским, а ордовикским, или силурийским.

Эти данные позволяют предположить, что по северной части Коргонского прогиба распространены вулканогенно-осадочные разрезы ордовика и, возможно, силура, которые ранее относились к девону. Если при последующем проведении и опробовании Тимофеевского и Кирилловского штоков и вмещающих их пород получатся аналогичные цифры возрастов, то логично должна ставиться задача нового картирования значительной части территории листа М-45-VII.

В связи с новыми результатами по абсолютному датированию, полученными нами в этом исследовании, резко меняются представления на металлогению этого региона. Как указано выше, весьма специфический набор геолого-промышленных типов оруденения и набор металлов, связанных с интрузиями северной периферии Коргонского прогиба, дают основание на пересмотр металлогенической роли магматизма указанной полосы Коргонского тектонического блока. Присутствие в рудах Владимировского месторождения повышенных концентраций платиноидов и скандия указывает на глубинный мантийный источник (астеносферный) и родоначальных магматических и рудных флюидов, сформировавших оруденение.

В случае подтверждения ордовикского возраста Тимофеевского и Кирилловского массивов потребуются изменения в Легенде Алтае-Саянской складчатой области с выделением нового интрузивного комплекса средне-ордовикского возраста.

Конфликт интересов. Авторы заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declares that he has no conflict of interest.

Список литературы

1. Третьякова И.Г. Возрастные рубежи формирования гидротермального кобальтового оруденения Алтае-Саянской складчатой области и его соотношения с магматизмом: Автореферат дис... к.г.м.-м. наук. Новосибирск, 2011. 20 с.

2. Уваров А.Н., Кузнецов С.А., Гладких Л.А., Родченко С.А., Юрьев А.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:200 000. Издание второе. Серия Алтайская. Лист М – 45–VII. Объяснительная записка. Москва–Санкт-Петербург, 1999. 205 с.

3. Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Борисов С.М. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. 187 с.

4. Anders E., Greevesse N. Abundences of the elements: meteoric and solar // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1989. Vol. 53. P. 197–214.

5. Davidson J., Turner S., Handley H., Macpherson C., Dosseto A. Amphibol "sponge" in arc crust? // *Geology*. 2007. Vol. 35. P. 787–790.

6. DePaolo D.J., Daley E.E. Neodymium isotopes in basalts of the southwest Basin and Range and lithosphere thinning during continental extention // *Chemical Geology*. 2000. Vol. 169. P. 157–185.

7. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim Cosmochim Acta*. 1999. Vol. 63, № 3/4. P. 489–508.

8. Kruk N.N., Rudnev S.N., Vystavnoi S.A., Palrsskiy S.V. Sr-Nd isotopic systematics of granitoids and evolution of continental crust of the western part of Altai-Sajan fold region // *Continental Growth in the Phanerozoic: Evidence from Central Asia*. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. Department "GEO", 2001. P. 68–72.

9. Putirka K., Busby C.J. The tectonic significance of high-K₂O volcanism in the Sierra Nevada, California // *Geology*. 2007. Vol. 35. P. 923–926.

10. Vigneresse J.L. The role of discontinuous magma inputs in felsic magma and ore generation // *Ore geology Reviews*. 2007. Vol. 30. P. 181–216.

11. Zhao Z.H., Wang Z.G., Zou T.R., Masuda A. Progress of solid-earth sciences in northern Xinjiang. Beijing Science Press, 1993. P. 239–266.

12. Chen B., Jahn B.-M. Geochemical and isotopic study of sedimentary and granitic rocks from thr Altai orogeny (NW China) and tectonic implications // *Continental Growth in the Phanerozoic: Evidence from Central Asia*. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. Department "GEO", 2001. P.14-17.

References

1. Tret'yakova I.G. Vozrastnye rubezhi formirovaniya gidrotermal'nogo kobal'tovogo orudneniya Altae-Sayanskoj skladchatoj oblasti i ego sootnosheniya s magmatizmom [Age

boundaries of the formation of hydrothermal cobalt mineralization of the Altai-Sayan folded region and its relationship with magmatism]: Summary of PhD thesis. Novosibirsk, 2011. 20 p. (in Russian).

2. Uvarov A.N., Kuznecov S.A., Gladkih L.A., Rodchenko S.A., Yur'ev A.I. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii [State Geological Map of the Russian Federation]. Masshtab 1:200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Altajskaya. List M – 45–VII. Ob"yasnitel'naya zapiska. Moskva–Sankt-Peterburg, 1999. 205 p. (in Russian).

3. Shokal'skij S.P., Babin G.A., Vladimirov A.G., Borisov S.M. Korrelyaciya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov zapadnoj chasti Altae-Sayanskoj skladchatoj oblasti [Correlation of magmatic and metamorphic complexes of the western part of the Altai-Sayan folded region]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo», 2000. 187 p. (in Russian).

4. Anders E., Greevesse N. Abundences of the elements: meteoric and solar // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1989. Vol. 53. P. 197–214.

5. Davidson J., Turner S., Handley H., Macpherson C., Dosseto A. Amphibol "sponge" in arc crust? // *Geology*. 2007. Vol. 35. P. 787–790.

6. DePaolo D.J., Daley E.E. Neodymium isotopes in basalts of the southwest Basin and Range and lithosphere thinning during continental extention // *Chemical Geology*. 2000. Vol. 169. P. 157–185.

7. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim Cosmochim Acta*. 1999. Vol. 63, № 3/4. P. 489–508.

8. Kruk N.N., Rudnev S.N., Vystavnoi S.A., Palrskiy S.V. Sr-Nd isotopic systematics of granitoids and evolution of continental crust of the western part of Altai-Sajan fold region // *Continental Growth in the Phanerozoic: Evidence from Central Asia*. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. Department "GEO", 2001. P. 68–72.

9. Putirka K., Busby C.J. The tectonic significance of high-K₂O volcanism in the Sierra Nevada, California // *Geology*. 2007. Vol. 35. P. 923–926.

10. Vigneresse J.L. The role of discontinuous magma inputs in felsic magma and ore generation // *Ore geology Reviews*. 2007. Vol. 30. P. 181–216.

11. Zhao Z.H., Wang Z.G., Zou T.R., Masuda A. Progress of solid-earth sciences in northern Xinjiang. Beijing Science Press, 1993. P. 239–266.

12. Chen B., Jahn B.-M. Geochemical and isotopic study of sedimentary and granitic rocks from the Altai orogeny (NW China) and tectonic implications // *Continental Growth in*

the Phanerozoic: Evidence from Central Asia. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. Department "GEO", 2001. P.14-17.

NEW DATA ON THE ABSOLUTE AGES OF VLADIMIRSKII MASSIF AND COUNTRY IT VOLCANOGENY-SEDIMENTARY ROCKS (GORNYY ALTAI)

A. Gusev¹, N. Gusev²

¹Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk

²A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg

E-mail: anzerg@mail.ru, Nicolay_Gusev@mail.ru

New data on absolute age gabbroids of Vladimirkii sill, dike of monzogabbro and tuff of rhyolites. They are carried to early-middle Devonian before. The petro-geochemical and petrological peculiarities of all rock types of sills let. Monzogabbro of sill has the absolute age 458, 8 mln. year, that it replays too Ordovician. The absolute age of tuff rhyolites arranges 469, 1 8 mln. year. Rocks of sill differentiated from calc-alkaline varieties to shoshonitic and source of it forming is near to asthenosphere. Tuff of rhyolites catty to ultrapotassic series. The considerable specification of age country volcanogenic rocks and of Vladimirkii sill give foundation for new survey of northern part of Korgonskii trough. The minable contents of rare earth elements, and increased concentration of platinoids and gold determined in ores of Vladimirkoe deposit.

Key words: Gorny Altai; sill; gabbro; monzogabbro; diorites; monzodiorites; tuff of rhyolite; zircon; isotopes of Sm and Nd, Co; REE; Au.

Received December 10, 2021

Сведения об авторах

Гусев Анатолий Иванович – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры естественно-научных дисциплин Алтайского государственного гуманитарно-педагогического университета им. В.М. Шукшина. Россия, 659333, г. Бийск, ул. Короленко, 53. E-mail: anzerg@mail.ru.

Гусев Николай Иванович – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом Восточной Сибири ФГУП «Всероссийский геологический исследовательский институт им. А.П. Карпинского». Россия, 199106, г. Санкт-Петербург, Средний пр., 74. E-mail: Nicolay_Gusev@mail.ru.

Information about the authors

Gusev Anatolii Ivanovich - Doctor geology-mineralogical of sciences, professor of cathedra natural-sciences subjects Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy. 53, Korolenko St., 659333, Biysk, Russia. E-mail: anzerg@mail.ru.

Gusev Nikolay Ivanovich - Candidate geology-mineralogical of sciences, chief of department Eastern Siberia A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute. 74, Srednij Av., 199106, St. Petersburg, Russia. E-mail: Nicolay_Gusev @mail.ru.