

УДК 549 (551.1)

О ВОЗРАСТЕ И СОСТАВЕ ГНЕЙСОВ ИЗ ФУНДАМЕНТА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

© 2016 г. К. С. Иванов*, Ю. В. Ерохин*, Д. В. Елизаров**, С. П. Шокальский***

*Институт геологии и геохимии УрО РАН

620016, г. Екатеринбург, ул. Вонсовского, 15

E-mails: ivanovks@igg.uran.ru, erokhin-yu@yandex.ru

**Геологический институт КНЦ РАН

184209, г. Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана, 14

***Научно-исследовательский геологический институт, ВСЕГЕИ

199106, г. Санкт-Петербург, Средний пр., 74

Поступила в редакцию 17.06.2015 г.

Принята к печати 17.07.2015 г.

Изучена минералогия плагиогнейсов из Янгиюганской параметрической скважины (северо-западная часть Западной Сибири). Породы сложены кварц-олигоклазовым агрегатом с присутствием слюды (мусковита и флогопита), амфибола (эденит-феррозденит-ферропаргасита), клиноцоизит-эпидота, граната (альмандин-гроссулярового ряда), клинохлора, микроклина, магнетита, титаномагнетита, рутила и фторопатита. Показано, что плагиогнейсы сформировались в условиях амфиболитовой фации метаморфизма и субстратом для них послужили лейкократовые плагиограниты. **U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr датировки** плагиогнейсов с наибольшей вероятностью указывают на следующие основные события геологической истории формирования этих пород: 1) магматическое внедрение плагиогранитов в венде; самарий-неодимовая изохрона 691 ± 58 млн лет также свидетельствует о неопротерозойском возрасте исходного вещества плагиогнейсов; 2) их метаморфизм и превращение в плагиогнейсы в раннем ордовике (486 млн лет); 3) наиболее поздние тектоно-термальные события (292 ± 23 млн лет), зафиксированные Rb-Sr системой этих гнейсов, связаны, по всей видимости, с коллизионными процессами.

Ключевые слова: Западно-Сибирская плита, Янгиюганская параметрическая скважина, плагиогнейсы, минералогия, изотопное датирование.

ВВЕДЕНИЕ

Западная Сибирь (особенно ее северная и центральная части) – наиболее важный геолого-экономический регион России [11]. Но строение и геологическая история формирования фундамента северной части Западной Сибири изучены пока гораздо хуже, чем в ее более южных районах [3, 6 и др.]. Это связано в первую очередь с крайней немногочисленностью здесь скважин, достигших фундамента.

Янгиюганская площадь расположена в северо-западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна, в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа, примерно в 80 км юго-восточнее г. Салехард, в нижнем течении и на правом берегу р. Полуй, притока р. Обь. Сама параметрическая скважина была пробурена в 2013 г. и остановлена на глубине 4094.6 м. Это самая глубокая на сегодняшний день скважина, пройденная по породам фундамента на севере Западно-Сибирской плиты [2, 4, 16 и др.]. Скважина заложена на восточном окончании субширотного опорного геофизического профиля “Полярно-Уральский трансект”, ко-

торый был сделан в 2006–2007 гг. специалистами ФГУП “Баженовская геофизическая экспедиция” и ООО “Северо-Запад” (детальнее см. [15] и др.)

В геологическом плане скважина расположена в Приуральской части Западно-Сибирской плиты. Здесь фундамент плиты сложен уралидами, соответственно скважина находится в восточном секторе Полярного Урала, на восточном крае Восточно-Уральской мегазоны. Фундамент в районе бурения перекрыт мезо-кайнозойскими осадками, мощностью до 1 км. В структурно-геологическом отношении фундамент здесь изучен фрагментарно и крайне слабо. При этом верхняя часть фундамента, вскрытая скважинами на Восточно-Салехардской, Медведовской и Таноупчинской площадях, имеет блоковое, неоднородное строение. На поверхность фундамента выходят палеозойские породы офиолитовой ассоциации – габбро, сланцеватые диабазовые “порфировитовиды”, ультрамафиты, а также гранитоиды, преимущественно позднепалеозойского возраста [4]. Возраст габбро (по данным **U-Pb датировки цирконов**) в скв. Восточно-Салехардская-4 раннекаменноугольный (342 ± 3 млн лет), а гранитоидов Таноупчин-

ской площади (расположена к юго-востоку от Янгиюганской скважины) – 238–297 млн лет (по данным К-Аг метода) [3]. Между тем К-Аг возраст гранитоидов Медведевской площади, вскрытых скважиной 21, составляет 332 млн лет [4]. При этом не исключается, что среди палеозойских образований данного района присутствуют и базальты триасового возраста [8, 10 и др.].

Плагииогнейсы в пределах Янгиюганской площади разбурены параметрической скважиной № 1 в интервале глубин от 3032 до 4094.6 м. По данным [16], на этом интервале отмечаются амфиболовые сланцы с линзами эпидот-гранатовых гнейсов (3032–3405 м) и лейкократовые гнейсы с редкими линзами амфиболитов (3405–4094.6 м). По мнению А.Н. Угрюмова и В.Н. Воронова, амфиболовые сланцы являются метаморфизованными базитами, а гнейсы – метариолитами и другими кремнекислыми породами. При этом указывается, что эти пачки образуют некий более древний фундамент, оторванный от всего вышележащего разреза (выше 3032 м), так как метаморфизм пород здесь явно повышен (полностью отсутствует актинолит и появляется гранат – альмандин) [16].

Недавно в этих плагииогнейсах Янгиюганской площади были продатированы цирконы, для которых получен ряд возрастов от 600 до 300 млн лет, что позволило отнести вмещающие их плагииогнейсы к докембрийским образованиям [2 и др.];

этим данная площадь значительно отличается от более южных районов Западной Сибири [8, 9 и др.].

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛАГИОГНЕЙСОВ ЯНГИЮГАНСКОЙ СКВАЖИНЫ

Проба Янг 1/3852 м. Светло-серый плагииогнейс с не очень отчетливой полосчатостью имеет мелко- и среднезернистую структуру, в породе хорошо выражены обособления белой слюды, темно-зеленого амфибола, черного рудного минерала и оранжево-красного граната.

Кварц является главным породообразующим минералом и совместно с плагиоклазом образует мелкозернистый агрегат, слагающий основную матрицу породы. Размер зерен до 1–2 мм. Окраска кварца темно-серая, и визуальное его содержание достигает 35–40 об. %. Прозрачный, часто содержит включения других породообразующих минералов.

Плагиоклаз является главным породообразующим минералом. Размер зерен плагиоклаза не превышает 3–5 мм, цвет – бесцветный до белого, отчетливо наблюдается спайность в двух направлениях. По результатам микрозондового анализа (табл. 1, ан. 1–5) минерал характеризуется небольшими вариациями химического состава, но все точки попадают в поле олигоклаза (An_{12-21}). Минерал содержит следы железа, титана и хрома.

Таблица 1. Химический состав полевых шпатов и граната из пробы Янг 1/3852 м, мас. %

Table 1. Chemical composition of feldspar and garnet from sample Yang 1/3852 m, wt %

№ п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
Плагиоклаз											
1	65.14	0.02	21.23	0.00	0.16	–	–	3.03	10.14	0.13	99.85
2	64.18	0.00	21.30	0.00	0.23	–	–	3.24	10.12	0.09	99.16
3	64.75	0.00	20.98	0.01	0.04	–	–	2.95	10.13	0.13	98.99
4	63.13	0.02	22.48	0.00	0.13	–	–	4.45	9.07	0.13	99.41
5	66.30	0.00	20.77	0.06	0.08	–	–	2.44	10.41	0.10	100.16
Калиевый полевой шпат											
6	65.10	0.01	17.71	0.00	0.47	0.04	0.01	0.00	0.36	15.68	99.38
7	65.27	0.00	17.88	0.00	0.54	0.01	0.00	0.00	0.33	15.74	99.77
8	65.15	0.02	17.73	0.00	0.52	0.00	0.01	0.00	0.37	15.90	99.70
9	64.51	0.00	17.98	0.02	0.58	0.05	0.02	0.00	0.34	15.92	99.42
10	65.28	0.00	17.82	0.07	0.60	0.00	0.01	0.01	0.06	16.06	99.91
Гранат											
11	37.43	0.01	20.70	0.03	24.08	6.78	1.69	9.26	0.02	0.01	100.01
12	37.60	0.08	20.48	0.00	28.35	1.05	2.88	9.03	0.03	0.00	99.50
13	37.52	0.04	20.84	0.00	27.76	1.98	1.82	10.39	0.02	0.00	100.37
14	37.54	0.10	20.63	0.01	28.39	0.94	2.08	10.01	0.06	0.00	99.76
15	37.26	0.08	20.20	0.04	28.65	2.63	2.07	8.95	0.00	0.00	99.88
16	37.66	0.07	20.77	0.02	29.01	0.50	2.83	9.59	0.03	0.00	100.48
17	37.55	0.11	20.72	0.00	27.36	1.65	2.11	10.44	0.05	0.00	99.99
18	37.96	0.09	20.64	0.04	28.43	0.65	2.97	9.53	0.04	0.00	100.35

Примечание. Здесь и далее анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (ИГГ УрО РАН, аналитик В.В. Хиллер). Про- черк – не определялось.

Note. Here and farther analyses made on Cameca SX 100 (IGG UB of RAS, analyser V.V. Khiller). Dash – not determined.

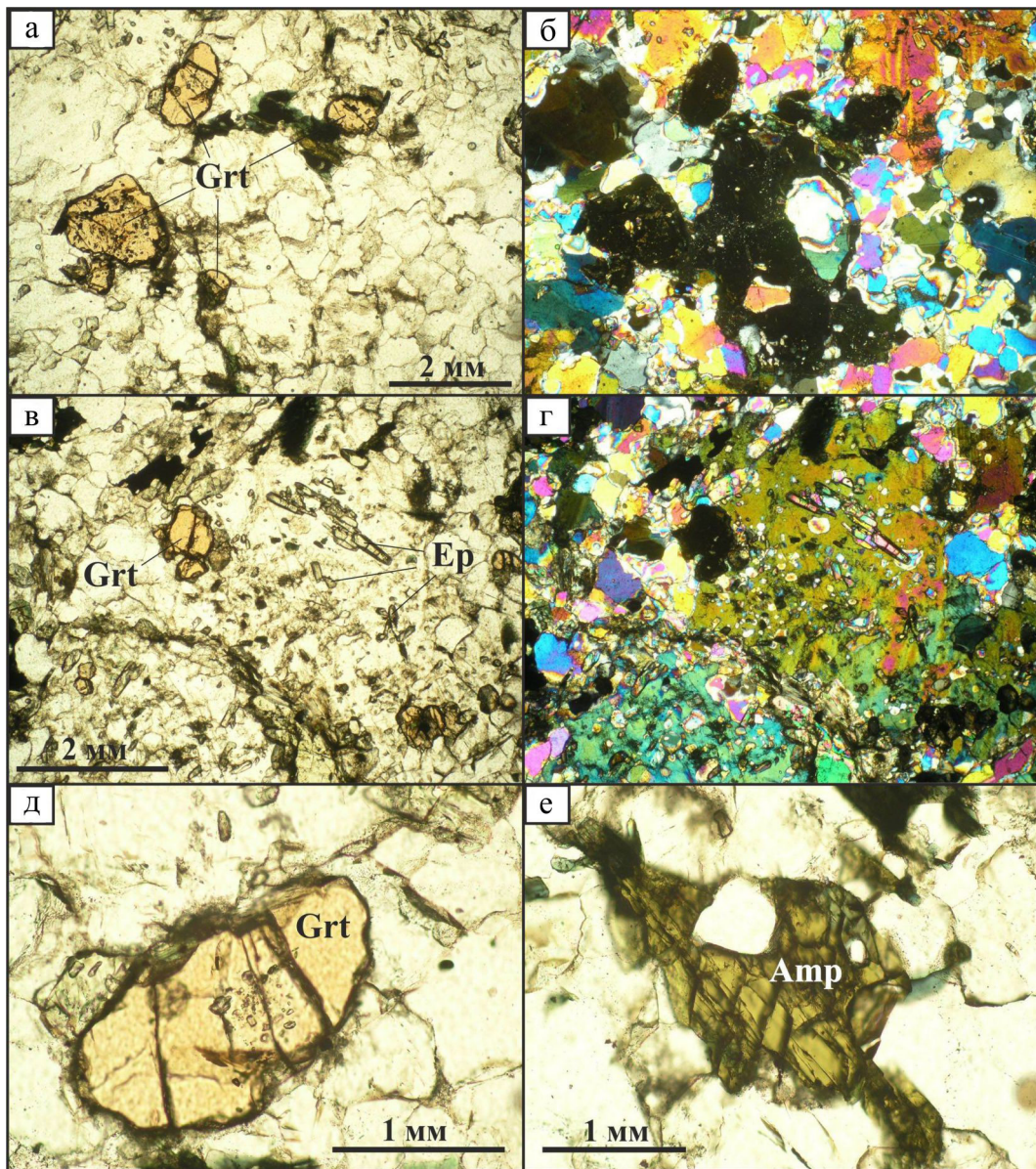


Рис. 1. Плагiogнейс из пробы Янг1/3852 м.

а – зерна граната (*Grt*) в кварц-плагноклазовой матрице, без анализатора; б – то же с анализатором; в – зерна граната (*Grt*) и эпидота (*Ep*) в кварц-плагноклазовом агрегате, без анализатора; г – то же с анализатором; д – зерно граната (*Grt*) с включениями в кварц-плагноклазовом агрегате, без анализатора; е – зерно амфибола (*Amp*) в кварц-плагноклазовом агрегате, без анализатора.

Fig. 1. The plagiogneisse from samples Yang1/3852 m.

а – grains of garnet (*Grt*) in quartz-plagioclase matrix, without analyzer; б – the same with analyzer; в – grains of garnet (*Grt*) and epidote (*Ep*) in quartz-plagioclase aggregate, without analyzer; г – the same with analyzer; д – grains of garnet (*Grt*) with inclusions in quartz-plagioclase aggregate, without analyzer; е – grain amphibole (*Amp*) in quartz-plagioclase aggregate, without analyzer.

Калиевый полевой шпат встречается значительно реже кварца и плагноклаза, распылен по всей матрице породы, установлен только в виде включений в плагноклазе и амфиболе. По составу минерал довольно устойчивый (см. табл. 1, ан. 6–10) и содержит незначительные примеси натрия (Na_2O до 0.4 мас. %) при полном отсутствии кальция. Су-

дя по всему, калиевый полевой шпат является микроклином, из примесей он содержит следы железа, титана, марганца, магния и хрома.

Гранат является второстепенными минералом в плагiogнейсе, его содержание лишь местами достигает 5–10 об. %. Окраска оранжево-красная. Минерал прозрачный, отчетливо зональный (в цен-

Таблица 2. Химический состав амфибола, эпидота, хлорита и слюды из пробы Янг 1/3852 м, мас. %**Table 2.** Chemical composition of amphibole, epidote, chlorite and micas from sample Yang 1/3852 m, wt %

№ п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	Сумма
Амфибол												
1	41.61	0.27	14.73	0.02	19.44	0.64	7.11	10.65	1.78	0.44	0.24	96.92
2	40.96	0.33	15.56	0.01	20.77	0.62	6.34	10.27	1.76	0.46	0.22	97.28
3	41.18	0.26	14.77	0.00	20.15	0.36	6.64	10.31	1.91	0.41	0.25	96.24
4	41.71	0.29	15.06	0.04	19.65	0.31	6.97	10.32	1.96	0.43	0.26	97.00
5	41.70	0.54	14.61	0.00	19.58	0.34	7.56	9.68	2.03	0.53	0.20	96.77
Эпидот												
6	38.06	0.12	25.44	0.00	<i>10.19</i>	0.06	0.09	23.15	0.00	–	0.11	97.22
7	37.90	0.11	25.36	0.05	<i>10.63</i>	0.05	0.09	23.31	0.03	–	0.10	97.63
8	38.08	0.17	25.93	0.07	<i>9.44</i>	0.13	0.07	23.58	0.01	–	0.10	97.57
9	37.96	0.14	25.45	0.08	<i>10.09</i>	0.04	0.10	23.26	–	–	0.13	97.25
10	37.63	0.14	24.91	0.04	<i>11.61</i>	0.05	0.09	23.18	0.01	–	0.11	97.76
Мусковит												
11	46.70	0.45	32.37	0.04	3.54	0.06	1.31	–	1.05	9.33	0.11	94.96
12	46.83	0.40	32.41	0.06	3.63	0.02	1.22	–	0.91	9.44	0.11	95.03
13	46.68	0.39	32.19	0.02	3.60	–	1.13	–	0.93	9.25	0.14	94.34
14	46.53	0.39	33.06	0.01	3.48	–	1.14	–	1.06	9.25	0.13	95.06
Хлорит												
15	25.66	0.04	19.33	0.00	24.16	0.40	15.56	0.06	0.00	0.00	0.22	85.42
16	26.31	0.05	19.56	0.05	24.64	0.31	15.40	0.08	0.00	0.01	0.22	86.63
17	25.97	0.01	19.36	0.01	23.79	0.33	15.70	0.05	0.00	0.02	0.24	85.48
18	26.10	0.07	19.82	0.06	23.30	0.38	15.73	0.05	0.01	0.04	0.18	85.73

Примечание. Курсивом выделено трехвалентное железо. Прочерк – не определялось.

Note. Italics – trivalent iron. Dash – not determined.

тре более темный, чем в краях) часто содержит многочисленные включения, в том числе и рудных минералов, в центральной зоне (рис. 1). Гранат слагает идиоморфные зерна, практически всегда сохраняющие кристаллографическую огранку в виде ромбододекаэдра с незначительным развитием граней тетрагонтриоктаэдра. Часто тяготеет к скоплениям рудного минерала и эпидота. По результатам микрозондовых анализов (см. табл. 1, ан. 11–18) минерал характеризуется довольно значительными вариациями состава. При пересчете на формульные единицы видно, что гранат относится к альмандину (53–62%) с присутствием миналовgrossуляра (24–29%), пиропы (7–11%) и спессартина (1–15%). В позиции алюминия отмечается небольшой недостаток, что позволяет предполагать вхождение в эту позицию небольшого количества окисного железа. Гранат обнаруживает достаточно хорошо выраженную прогрессивную ростовую химическую зональность в распределении таких элементов, как Ca, Mg, Fe и Mn, которая заключается в уменьшении содержания CaO и MnO при возрастании FeO и MgO от центра к краям зерен.

Амфибол образует гипидиоморфные призматические зерна с характерной спайностью в двух направлениях темно-зеленого цвета размером до 5 мм. В шлифе имеет резкий плеохроизм от коричневатого-оливкового (по *Np*) до темно-оливкового (по *Ng*).

Индивиды амфибола имеют плоскостную (но не линейную) ориентировку, согласную с гнейсовидностью (полосчатостью) породы. Некоторые зерна содержат включения эпидота и рудного минерала и с краев замещаются агрегатом хлорита. По результатам микрозондовых анализов (табл. 2, ан. 1–5) амфибол содержит до 2.5 мас. % щелочей и относится к железистой разновидности. На классификационной диаграмме [21] все точки анализов попадают в поле ферроэденита, за исключением одного анализа (см. табл. 2, ан. 2), который соответствует ферропаргаситу (рис. 2).

Эпидот образует идиоморфные короткопризматические зерна желтовато-зеленого цвета размером до 1–2 мм. Минерал рассеян по всей матрице породы, прозрачный и не содержит каких-либо включений. Местами слагает скопления с гранатом и рудным минералом, редко сростается с агрегатом хлорита. По данным микрозондовых анализов (см. табл. 2, ан. 6–10), имеет устойчивый химический состав и относится к слабोजелезистому эпидоту, т.е. близок к границе клиноцоизита. Из примесей в эпидоте отмечаются следы титана, магния, марганца и хрома.

Слюда образует белые скопления размером до 1 см, которые ориентированы по гнейсовидности породы. По данным микрозондовых анализов (см. табл. 2, ан. 11–14), имеет устойчивый химический состав и относится к мусковиту с небольшим со-

держанием минала парагонита (в пределах 14–16%). Из примесей в слюде отмечаются следы титана, марганца и хрома. В целом повышенное содержание кремнезема в мусковите позволяет относить слюду к так называемому фенгиту.

Хлорит образует скопления размером до 5 мм темно-зеленого цвета вокруг зерен амфибола, частично замещая последний. В шлифе хлорит резко плеохроирует от светло-желтого (по *Np*) до синеватого (по *Ng*). По результатам микрозондовых анализов (см. табл. 2, ан. 15–18) хлорит относится к железистому клинохлору. Кристаллохимический пересчет показывает присутствие в клинохлоре минала шамозита (до 42%) и донбассита (до 7%).

Рудные минералы в породе представлены титаномagnetитом и обычным magnetитом. Зерна имеют изометричный облик, их размер не превышает 2–3 мм. Интересно, что титаномagnetит часто содержит пластинчатые выделения magnetита, а зерна самого magnetита не имеют никаких включений. По данным микрозондового анализа, титаномagnetит содержит до 13.1–16.9, а обычный magnetит – не более 1.44 мас. % TiO_2 . Вполне вероятно, что титаномagnetит является реликтовым минералом и замещается обычным magnetитом.

Апатит как акцессорный минерал слагает хорошо ограненные призматические кристаллы до 200–300 мкм в длину. Индивиды прозрачные и бесцветные, каких-либо включений не содержат. По данным микрозондового анализа, минерал относится к фторапатиту и содержит 3.4–3.8 мас. % фтора. Из примесей в апатите отмечаются следы железа, марганца и хлора.

Проба Янг 1/4047 м. Белоснежный мелкозернистый плаггиогнейс сильно тектонизированный с хорошо выраженной полосчатостью. Порода характеризуется скоплениями черной слюды (биотита) с хлоритом и обильной вкрапленностью клиноцоизита-эпидота. Граната и мусковита в гнейсе уже не наблюдается, амфибола практически нет.

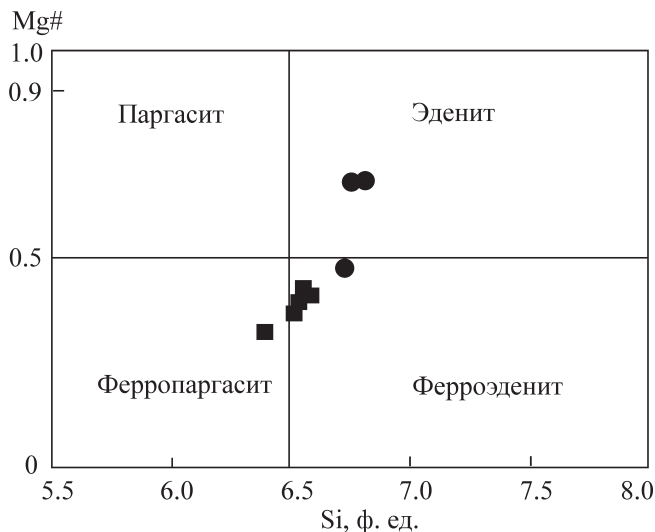


Рис. 2. Положение фигуративных точек амфиболов из плаггиогнейсов на диаграмме Si, ф.ед. – Mg# [21].

Квадратами показаны амфиболы из обр. Янг 1/3852 м, кругами – из обр. Янг 1/4047 м.

Fig. 2. Position of data points of the amphibole from plagiogneiss on diagram Si f.u. – Mg# [21].

Squares show of sample Yang1/3852 m, circles from sample Yang 1/4047 m.

Кварц и плагиоклаз являются главными породообразующими минералами, их мелкозернистый агрегат слагает основную матрицу породы. Размер зерен до 1–2 мм. Плагиоклаз по результатам микрозондовых анализов (табл. 3, ан. 1–5) характеризуется небольшими вариациями химического состава, при этом все точки попадают в поле олигоклаза (An_{13-23}). Иногда в краевой части зерен содержание калия резко возрастает от следов до 1.03 мас. % K_2O . Из примесей содержит следы железа и хрома.

Таблица 3. Химический состав полевых шпатов из пробы Янг 1/4047 м, мас. %

Table 3. Chemical composition of feldspar from sample Yang 1/4047 m, wt %

№ п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
Плаггиоклаз											
1	64.78	0.01	20.95	0.00	0.02	0.00	0.00	3.01	10.26	0.13	99.16
2	64.83	0.00	20.79	0.06	0.04	0.00	0.00	2.92	10.27	0.12	99.03
3	65.12	0.00	21.17	0.11	0.03	0.00	0.00	2.87	10.42	0.10	99.82
4	63.05	0.00	22.18	0.07	0.08	0.00	0.01	4.74	9.18	0.11	99.42
5	62.75	0.00	22.23	0.00	0.09	0.04	0.00	4.47	8.54	1.02	99.14
Калиевый полевой шпат											
6	65.52	0.00	17.42	0.01	0.13	0.00	0.00	0.00	0.02	16.71	99.81
7	65.09	0.00	17.49	0.07	0.00	0.02	0.00	0.00	0.41	16.00	99.08
8	65.11	0.00	17.72	0.05	0.13	0.07	0.05	0.01	0.04	16.49	99.67
9	65.40	0.01	17.80	0.05	0.25	0.00	0.00	0.08	0.38	15.95	99.92

Таблица 4. Химический состав амфибола, эпидота и биотита из пробы Янг 1/4047 м, мас. %**Table 4.** Chemical composition of amphibole, epidote and biotite from sample Yang 1/4047 m, wt %

№ п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	Сумма
Клиноцоизит–эпидот												
1	38.23	0.15	26.67	0.05	<i>8.01</i>	0.03	0.09	23.75	0.01	–	0.11	97.09
2	38.35	0.14	27.05	0.03	<i>7.84</i>	0.05	0.07	23.91	0.00	–	0.08	97.53
3	38.00	0.11	26.37	0.02	<i>8.57</i>	0.09	0.13	23.65	0.01	–	0.12	97.07
4	38.26	0.17	27.22	0.00	<i>7.29</i>	0.05	0.10	24.00	0.00	–	0.11	97.18
5	37.90	0.10	24.72	0.00	<i>10.54</i>	0.17	0.06	23.34	0.02	–	0.10	96.96
Амфибол												
6	44.36	0.28	14.29	0.03	10.50	0.15	12.53	11.05	2.37	0.16	0.41	96.13
7	45.15	0.27	14.04	0.01	10.78	0.16	12.59	10.98	2.30	0.15	0.36	96.78
8	42.35	0.25	11.14	0.04	19.52	0.28	8.90	11.52	1.41	0.40	0.29	96.09
Биотит												
9	37.67	1.16	15.38	0.00	16.00	0.10	14.30	–	0.13	9.00	0.52	94.25
10	37.86	1.14	15.30	0.00	15.28	0.14	14.68	–	0.12	9.06	0.58	94.16
11	37.84	1.09	15.09	0.00	15.86	0.14	14.82	–	0.12	9.06	0.57	94.61
12	37.85	1.26	14.32	0.03	18.78	0.17	13.32	–	0.14	8.97	0.59	95.41
13	36.88	2.26	14.55	0.02	19.10	0.18	12.34	–	0.12	9.01	0.44	94.88

Примечание. Курсивом выделено трехвалентное железо. Прочерк – не определялось.

Note. Italics – trivalent iron. Dash – not determined.

Калиевый полевой шпат встречается значительно реже кварца и плагиоклаза и установлен только в виде округлых и вытянутых включений размером до 50 мкм в плагиоклазе. По составу минерал довольно устойчивый (см. табл. 3, ан. 6–9) и содержит незначительные примеси натрия (Na₂O до 0.4 мас. %) и кальция (CaO до 0.1 мас. %). Судя по всему, калиевый полевой шпат является микроклином. Из примесей содержит следы железа, марганца, магния и хрома.

Клиноцоизит с эпидотом образуют идиоморфные короткопризматические зерна светло-желтого или желтоватого цвета размером до 1 мм. Минерал рассеян по всей матрице породы, прозрачный, содержит обильные включения кварца, реже рудного минерала. По данным микрозондовых анализов (табл. 4), характеризуется небольшими вариациями содержания железа и относится к сильножелезистому клиноцоизиту (см. табл. 4, ан. 1–4) и слабожелезистому эпидоту (см. табл. 4, ан. 5). Интересно, что к клиноцоизиту относится вся матрица зерен, а эпидотом сложены только каймы индивидов. Из примесей в минералах отмечаются следы титана, магния, марганца, хрома и щелочей.

Амфибол встречается крайне редко в этом образце плагиогнейса. Он обнаружен в виде изометричных и вытянутых включений в матрице зерен клиноцоизита-эпидота размером до 20–30 мкм. В шлифе имеет резкий плеохроизм от коричневато-оливкового (по *Np*) до темно-оливкового (по *Ng*). По результатам микрозондового анализа (см. табл. 4, ан. 6–8) амфибол содержит до 2.5 мас. % щелочей и относится к магнезиальной и железистой разновидностям. На классификационной диаграмме [21] две

точки анализов (см. табл. 4, ан. 6–7) попадают в поле эденита, а одна точка (см. табл. 4, ан. 8) – в поле ферроэденита (см. рис. 2). Последний анализ достаточно близок к амфиболам из вышележащего плагиогнейса.

Биотит образует уплощенные скопления размером до 0.5–1 см и отдельные мелкие лейсты, которые ориентированы вдоль гнейсовидности породы (рис. 3). Цвет черный, местами темно-зеленый за счет развития хлорита. В шлифе имеет резкий плеохроизм от светло-желтого (по *Np*) до коричневато-оливкового (по *Ng*). Характеризуется устойчивым химическим составом (см. табл. 4, ан. 9–13) и относится к железистому флогопиту с незначительным содержанием минала аспидолита (не более 2%). Из существенных примесей в слюде отмечается титан (TiO₂ до 2.3 мас. %), а также следы марганца и хрома. Лейсты и скопления флогопита постоянно корродированы и замещены темно-зеленым агрегатом хлорита, который по составу относится к железистому клинохлору.

Рудные минералы в породе представлены магнетитом и рутилом. Зерна имеют изометричный и удлиненный облик и не превышают 50 мкм. Интересно, что оба минерала не тяготеют к друг другу, а зерна рутила зачастую более крупные, чем индивиды магнетита. По микрозондовым данным, рутил содержит до 1.8 мас. % Fe₂O₃, а магнетит полностью очищен от примесей.

Таким образом, изучение минералогии плагиогнейсов Янгюганской площади показало, что они достаточно сильно отличаются друг от друга, но при этом формировались по кислому субстрату. В обр. Янг 1/3852 м установлены кварц,

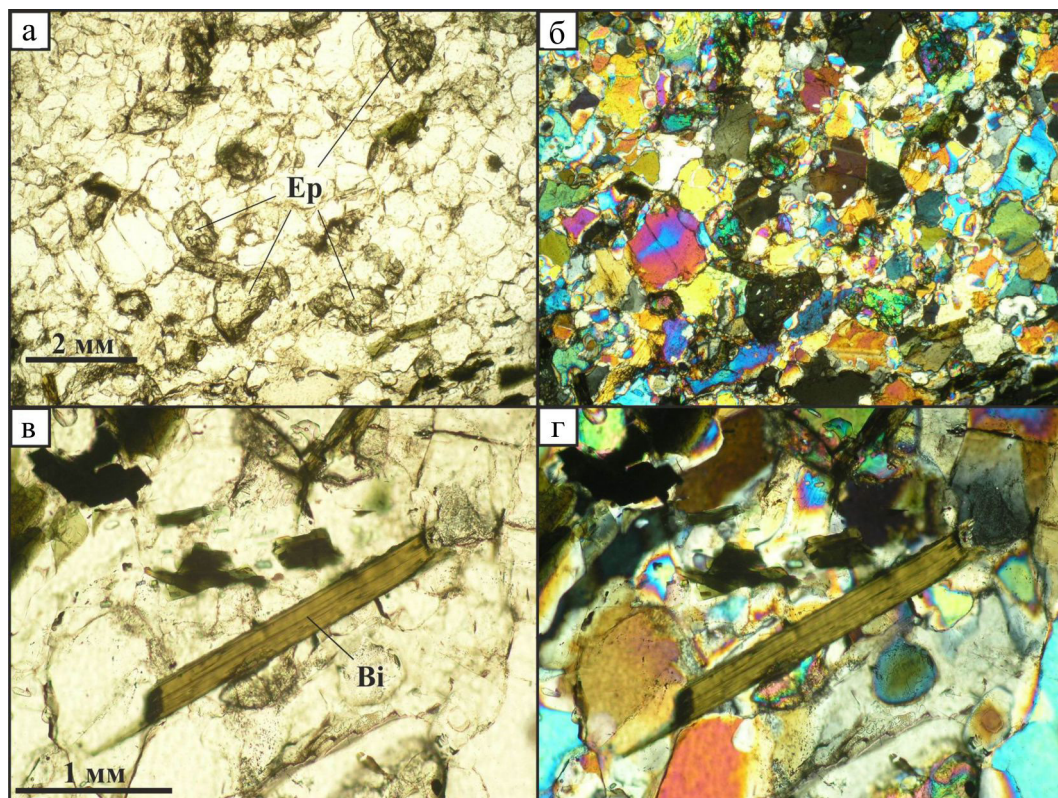


Рис. 3. Плагiogнейс из пробы Янг 1/4047 м.

а – зерна эпидота (*Ep*) в кварц-плаггиоклазовой матрице, без анализатора; б – то же с анализатором; в – лейст биотита (*Bi*) в кварц-плаггиоклазовом агрегате, без анализатора; г – то же с анализатором.

Fig. 3. The plagiogneisse from sample Yang 1/4047 m.

а – epidote grains (*Ep*) in quartz-plagioclase matrix, without analyzer; б – the same with analyzer; в – biotite grains (*Bi*) in quartz-plagioclase aggregate, without analyzer; г – the same with analyzer.

плаггиоклаз (олигоклаз), слюда (мусковит), амфибол (ферроэденит-ферропаргасит), эпидот, гранат (альмандин-гроссулярового ряда), хлорит (клинохлор), калишпат (микроклин), магнетит, титаномagnetит и фторapatит. В обр. Янг 1/4047 м установлены кварц, плаггиоклаз (олигоклаз), слюда (флогопит), клиноцоизит-эпидот, хлорит (клинохлор), калишпат (микроклин), амфибол (эденит-ферроэденит), магнетит и рутил. Вышезалегающие породы характеризуются присутствием обильного амфибола (в основном ферроэденита) и граната, а нижние плаггиогнейсы совсем не содержат граната, в них наблюдаются только незначительные включения амфибола (эденита и ферроэденита). Слюдистые минералы тоже различаются: в парагенезисе с гранатом, эпидотом и амфиболом отмечается мусковит, а с клиноцоизитом – железистый флогопит.

В целом можно сказать, что вышезалегающие плаггиогнейсы почти не претерпели каких-либо вторичных изменений и, наоборот, нижезалегающие породы подверглись достаточно сильным вторичным изменениям в процессе расщепления и деформаций вплоть до образования тонкозернистых милонитов.

То есть, по всей видимости, нижезалегающие расщепленные плаггиогнейсы исходно были такими же, как и вышезалегающие породы, но претерпели динамометаморфизм, в результате чего изменился их минеральный состав.

Расчет температуры образования плаггиогнейса мы сделали только для образца с гранатом, так как именно в этой породе существуют парагенетические пары гранат–мусковит и плаггиоклаз–мусковит. Пара гранат–мусковит [18] показывает рост температуры от центра к краю альмандина (от 640–665°C до 695–725°C), а пара плаггиоклаз–мусковит [19] дает около 575°C. Давление по разным амфиболовым геобарометрам [20, 24] приблизительно оценивается до 9–10 кбар. Присутствие реакционного хлорита вокруг зерен амфибола и флогопита свидетельствует о последующем незначительном диафорезе.

ПЕТРО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАГИОГНЕЙСОВ

Химический и микроэлементный состав плаггиогнейсов из Янгиюганской параметрической сква-

Таблица 5. Химический (мас. %) и микроэлементный (г/т) состав плагиогнейсов из Янгиюганской параметрической скважины**Table 5.** Chemical (wt %) and microelemental (ppm) composition for plagiogneisse from Yangiyuganskaya parametric well

Компонент	3852.2 м	4047.2 м	Компонент	3852.2 м	4047.2 м	Компонент	3852.2 м	4047.2 м
SiO ₂	72.91	74.81	La	2.97	9.39	Ag	0.05	0.06
TiO ₂	0.17	0.10	Ce	6.36	20.18	Mo	0.02	0.06
Al ₂ O ₃	13.06	13.06	Pr	0.83	2.82	Sn	0.03	0.37
Cr ₂ O ₃	0.05	0.09	Nd	3.74	12.64	Sb	0.09	0.01
Fe ₂ O ₃	0.40	0.40	Sm	1.02	3.22	Cs	0.54	0.15
FeO	2.37	0.59	Eu	0.40	0.29	Ba	68.67	62.74
MnO	0.05	0.01	Gd	1.18	3.06	Mn	333.20	58.15
MgO	0.40	0.40	Tb	0.19	0.48	Rb	9.19	7.98
CaO	2.89	2.91	Dy	1.33	3.36	Sr	210.59	143.31
Na ₂ O	7.19	7.19	Ho	0.31	0.77	Y	10.03	24.49
K ₂ O	0.32	0.27	Er	0.97	2.52	Nb	2.74	3.60
P ₂ O ₅	0.04	0.04	Tm	0.16	0.39	Zr	5.77	41.14
П.п.п.	0.40	0.40	Yb	1.02	2.63	Hf	0.18	0.91
Сумма	100.25	100.27	Lu	0.17	0.42	Ta	0.16	0.24
Li	2.59	0.66	Co	2.79	1.12	W	0.16	0.18
Be	0.77	0.74	Ni	17.38	5.74	Tl	1.47	2.07
Sc	7.94	4.62	Cu	3.34	1.21	Pb	0.87	1.94
Ti	1022.05	328.40	Zn	6.84	0.23	Bi	0.01	0.03
V	7.22	3.20	Ga	10.53	10.51	Th	0.53	2.08
Cr	0.47	0.61	Ge	1.19	1.41	U	0.27	0.87

Примечание. Анализы сделаны в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН.

Note. Analyses have been made in the laboratory of IGG UB RAS.

жины № 1 приведен в табл. 5. По данным химических анализов, обе пробы по содержанию петрогенных компонентов очень сходны и ложатся в поле нормальных пород – трондьемитов (или лейкократовых плагиогранитов), вблизи с полем субщелочных пород. Вполне вероятно, что именно трондьемиты и послужили субстратом для формирования плагиогнейсов в условиях амфиболитовой фации метаморфизма.

На геохимическом уровне породы несколько отличаются друг от друга. Так, плагиогнейс с глубины 3852 м характеризуется большими концентрациями Li, Ti, Ni, Mn, Sr и меньшими – PЗЭ, Zr, Y, чем образец с глубины 4047 м. Распределение PЗЭ в породах также различается: от пологого нарастания к ЛРЗЭ ($La/Yb = 2.91$) с отсутствием каких-либо аномалий для пробы с глубины 3852.2 м и более крутого нарастания к ЛРЗЭ ($La/Yb = 3.57$) с отчетливой негативной европиевой аномалией для пробы с глубины 4047 м.

На петрогенетических дискриминационных диаграммах породы показывают абсолютную идентичность и попадают в одни и те же поля. Так, на известных диаграммах [24] плагиогнейсы ложатся в поле гранитов вулканических дуг, т.е. островодужных гранитов. На диаграммах [22] породы попадают в поле океанических плагиогранитов в первую очередь благодаря крайне низкому содержанию калия, но, как известно, калий достаточно легко пе-

рераспределяется при метаморфических процессах (кроме того, в наших плагиогнейсах присутствует калиевый полевой шпат). На дискриминационных диаграммах [25] плагиогнейсы попадают в поле нефракционированных гранитов М-, I- и S-типов и резко отличаются от гранитов А-типа. При этом на диаграмме $FeO^*/(FeO^* + MgO) - SiO_2$ [17] изученные нами породы ложатся в поле гранитов I типа.

ИЗОТОПНО-ВОЗРАСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАГИОГНЕЙСОВ

U-Th-Pb-система

Уран-свинцовое датирование цирконов было выполнено на вторично-ионном масс-спектрометре SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ (табл. 6), его краткие результаты опубликованы ранее [7 и др.].

Проба Янг 1/3852. Возраст магматической кристаллизации цирконов составляет 566 ± 3 млн лет (по кластеру из 6 конкордантных значений (рис. 4)). Цирконы несут признаки сильной вторичной перекристаллизации, приводящей к растворению и перераспределению матрицы цирконов, резорбции, выносу урана и в завершающей стадии – к формированию специфических новообразованных незональных кайм с крайне низким содержанием урана (десятки г/т). Возраст последнего процесса приблизительно оценивается в 320–340 млн лет.

Таблица 6. U-Pb возраст цирконов из плагииогнейсов Янгиюганской площади

Table 6. U-Pb age of zircons from plagiogneisses of the Yangiyugan area

Точка отбора	Содержание				Возраст, млн лет	Д, %	Изотопные отношения**, ±%		
	%	г/г					²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*
	²⁰⁶ Pb _c	²⁰⁶ Pb*	U	Th					
Проба Янг 1/3852, скв. 1, гл. 3852 м									
1.1	0.13	98.3	1247	284	565 ± 4	−9	0.727 ± 1.8	0.0916 ± 0.8	0.0576 ± 1.6
1.2	2.28	2.4	52	2	329 ± 9	Н.о.	0.313 ± 27	0.0524 ± 2.7	0.043 ± 26
2.1	Н.п.о.	126.0	1589	355	570 ± 4	4	0.761 ± 1.3	0.0925 ± 0.7	0.0596 ± 1.1
2.2	—”—	0.2	5	1	379 ± 24	Н.о.	0.880 ± 15	0.0606 ± 6.4	0.105 ± 14
3.1	0.23	95.8	1492	56	464 ± 3	6	0.586 ± 2.2	0.0746 ± 0.7	0.0570 ± 2.1
4.1	0.14	98.7	1408	55	505 ± 4	−7	0.633 ± 1.6	0.0814 ± 0.7	0.0564 ± 1.5
5.1	0.04	233.0	2839	851	587 ± 4	−6	0.771 ± 1.0	0.0954 ± 0.7	0.0586 ± 0.7
6.1	0.14	39.0	444	66	627 ± 5	0	0.853 ± 2.1	0.1021 ± 0.9	0.0606 ± 1.9
7.1	Н.п.о.	94.1	1170	248	578 ± 4	4	0.744 ± 1.6	0.0937 ± 0.8	0.0599 ± 1.4
7.2	0.53	11.1	185	Н.п.о.	444 ± 5	−35	0.498 ± 5.7	0.0696 ± 1.2	0.0519 ± 5.6
8.1	0.25	50.7	695	114	524 ± 4	−10	0.660 ± 2.5	0.0847 ± 0.9	0.0565 ± 2.3
8.2	Н.п.о.	151.0	1934	394	562 ± 4	3	0.744 ± 10	0.0910 ± 0.7	0.0593 ± 0.7
9.1	0.14	69.8	888	149	564 ± 4	3	0.749 ± 1.8	0.0914 ± 0.8	0.0594 ± 1.7
9.2	0.08	160.0	2157	390	532 ± 4	5	0.698 ± 1.4	0.0861 ± 0.7	0.0588 ± 1.2
10.1	0.23	76.0	1354	24	407 ± 3	3	0.496 ± 2.9	0.0652 ± 0.8	0.0552 ± 2.8
11.1	0.06	179.0	2436	551	530 ± 4	6	0.694 ± 1.2	0.0856 ± 0.7	0.0588 ± 0.9
11.2	4.01	1.4	26	Н.п.о.	389 ± 15	Н.о.	0.430 ± 41	0.0623 ± 4.1	0.0500 ± 41
12.1	0.02	162.0	2032	688	572 ± 4	2	0.760 ± 1.1	0.0927 ± 0.7	0.0594 ± 0.8
13.1	0.12	98.6	1502	83	474 ± 3	13	0.612 ± 1.6	0.0763 ± 0.7	0.0582 ± 1.4
13.2	0.14	52.6	672	58	561 ± 5	−4	0.730 ± 2.0	0.0910 ± 0.8	0.0582 ± 1.9
Проба Янг 1/4047, скв. 1, гл. 4047 м									
1.1	Н.п.о.	6.1	104	7	422 ± 8	1	0.516 ± 5.4	0.0676 ± 1.9	0.0553 ± 5
1.2	—”—	13.6	228	12	432 ± 7	−5	0.525 ± 4.2	0.0693 ± 1.7	0.0549 ± 3.9
2.1	0.11	118.0	1766	125	482 ± 4	3	0.611 ± 1.6	0.0776 ± 0.9	0.0571 ± 1.4
3.1	0.15	118.0	2883	693	301 ± 3	−3	0.343 ± 1.7	0.0477 ± 1.1	0.0522 ± 1.3
4.1	Н.п.о.	603.0	7818	4073	555 ± 5	−4	0.719 ± 1.1	0.0898 ± 0.9	0.0580 ± 0.5
5.1	—”—	205.0	3013	111	491 ± 4	7	0.631 ± 1.2	0.0791 ± 0.8	0.0579 ± 0.9
6.1	0.04	145.0	2181	301	479 ± 4	8	0.614 ± 1.2	0.0771 ± 0.8	0.0577 ± 0.9
7.1	Н.п.о.	1.7	41	1	302 ± 9	41	0.366 ± 9.6	0.0480 ± 3	0.0553 ± 9.1
8.1	0.06	226.0	3349	99	487 ± 4	−3	0.611 ± 1.3	0.0784 ± 0.9	0.0565 ± 0.9
9.1	0.07	189.0	2794	176	489 ± 4	8	0.631 ± 1.2	0.0788 ± 0.8	0.0580 ± 1
10.1	0.05	187.0	2800	975	482 ± 4	6	0.614 ± 1.3	0.0776 ± 0.8	0.0575 ± 1
11.1	0.54	138.0	2493	142	402 ± 4	15	0.498 ± 2.5	0.0643 ± 0.9	0.0562 ± 2.3
11.2	Н.п.о.	1.0	18	2	414 ± 18	3	0.506 ± 8.8	0.0663 ± 4.4	0.0553 ± 7.6
12.1	0.09	175.0	2568	450	491 ± 5	6	0.631 ± 1.6	0.0792 ± 0.9	0.0578 ± 1.2
13.1	0.23	166.0	2694	76	445 ± 4	1	0.551 ± 2	0.0715 ± 0.8	0.0559 ± 1.8

Примечание. Pb_c – обыкновенный свинец, Pb* – радиогенный свинец, погрешности калибровки относительно стандартов в пробах – 0.42 и 0.35% соответственно; ** – поправка на нерадиогенный свинец по измеренному ²⁰⁴Pb. Ошибки возраста приведены на уровне 1σ, а изотопных отношений – на уровне 2σ. Степень дискордантности Д = [100(²⁰⁶Pb/²³⁸U)_{возраст}/(²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb)_{возраст}]. Н.п.о. – ниже пределов определения, н.о. – не определялось. Диаметр пятна отбора 25 мкм, глубина 2 мкм. Анализы цирконов выполнены в ЦИИ ВСЕГЕИ.

Note. Pbc is usual lead, Pb* is radiogenic lead; calibration errors relatively standards in samples – 0.42 and 0.35% respectively; ** is a correction for nonradiogenic lead on the measured ²⁰⁴Pb. Age mistakes are given at the level 1σ, and isotope relations – at the level 2σ. Д is the degree of discordance, equal [100 (²⁰⁶Pb/²³⁸U)_{age}/(²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb)_{age}]. Н.п.о. – lower of determination levels, н.о. – not determined. Diameter if the sample spot is 25 mkm, the depth is 2 mkm. Zircon analyses have been made in CII VSEGEI

Проба Янг 1/4047. Популяция призматических цирконов сильно изменена вторичными процессами. Часто первичные кристаллографические формы не сохраняются. Наблюдаются ноздреватые зоны, химическая коррозия и переотложение исходного вещества. Наиболее поздние фазы представ-

лены каймами обрастания, они же залечивают трещины в цирконах. Возраст главного геологического события определен в 486 ± 4 млн лет, по конкордантному кластеру из 7 датировок показан на рис. 5. Наиболее поздний возраст малоурановых фаз обрастания цирконов определен как 301 ± 6 млн лет.

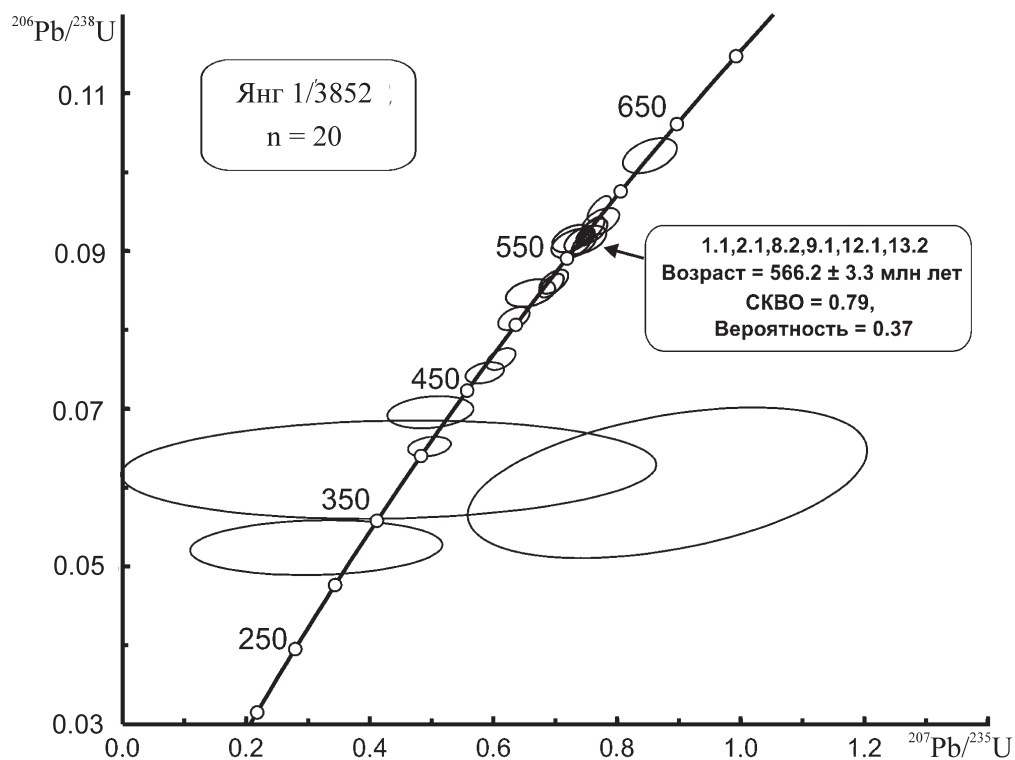


Рис. 4. График с конкордией для цирконов из плагиогнейса (проба Янг1/3852 м).

Fig. 4. Diagram with concordia for zircons of plagiogneiss (sample Yang 1/3852 m).

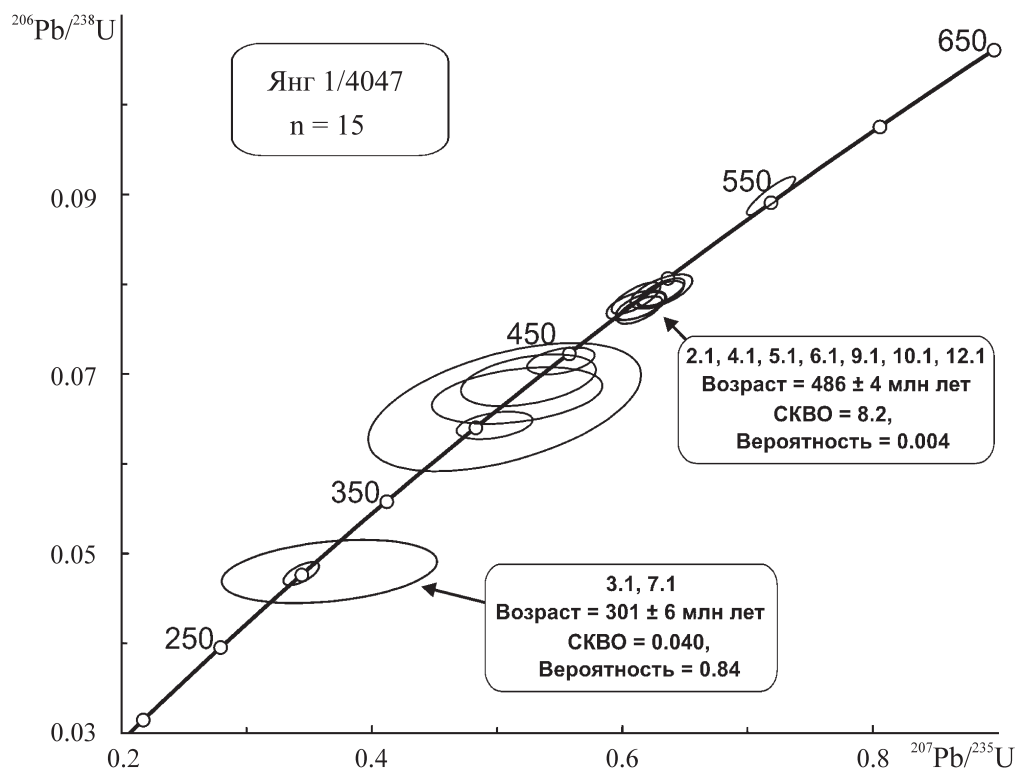


Рис. 5. График с конкордией для цирконов из плагиогнейса (проба Янг 1/4047 м).

Fig. 5. Diagram with concordia for zircons of plagiogneiss (sample Yang 1/4047 m).

Остальные датировки, скорее всего, являются промежуточными (смесь исходных и вторичных фаз в различных пропорциях). Выявлен один домен (ядро обрастания) с возрастом около 560 млн лет.

Sm-Nd-система

Измерения изотопных концентраций Sm, Nd, Rb, Sr пробы Янг 1/3852 и минералов из нее проводились в Геологическом институте КНЦ РАН на 7-канальном твердофазном масс-спектрометре Finnigan-MAT 262 (RPQ) под руководством Т.Б. Баяновой. Измерения изотопного состава и концентраций Sm и Nd, представленные в табл. 7, проводились в статическом двухленточном режиме с использованием рениевых и танталовых лент. Среднее значение отношения $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в стандарте La Jolla за период измерений составило 0.511833 ± 15 ($N = 15$). Ошибка в $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ отношениях составляет 0.3% (2σ) – среднее значение из 7 измерений в стандарте BCR. Погрешность измерения изотопного состава Nd в индивидуальном анализе не превышала 0.006% за исключением монофракции граната, в которой низкие концентрации элементов увеличили ошибку до 0.017%. Внутри лабораторное (холостое) загрязнение по Nd равно 0.3 нг и по Sm – 0.06 нг. Точность определения концентраций Sm и Nd $\pm 0.5\%$. Изотопные отношения были нормали-

Таблица 7. Изотопные Sm-Nd данные для плагиогнейсов Янгиюганской скважины

Table 7. Isotope Sm-Nd data for plagiogneisse from Yangi-yuganskaya well

Проба	Содержание, г/г		Изотопные отношения	
	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
Вал	1.178	4.42	0.1611	0.513125 ± 28
Плагиоклаз	0.441	1.597	0.1668	0.513101 ± 21
Амфибол	3.16	17.09	0.1117	0.512854 ± 16
Гранат	0.190	0.956	0.1203	0.513396 ± 84
Магнетит	2.62	10.52	0.1504	0.513038 ± 12

зованы по отношению $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.7219$, а затем пересчитаны на принятое отношение $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в стандарте La Jolla = 0.511860. В целом методика измерения изотопного состава Sm и Nd приведена в работе [1]. Полученные результаты не позволили построить изохрону для всех монофракций и вала породы. Пробы вала и граната “отвалились” от прямой, и построена Sm-Nd изохрона по монофракциям амфибола, плагиоклаза и магнетита с возрастом 691 ± 58 млн лет (рис. 6).

Rb-Sr система

Методика измерения изотопного состава Rb и Sr приведена в работе [1]. Результаты анализа

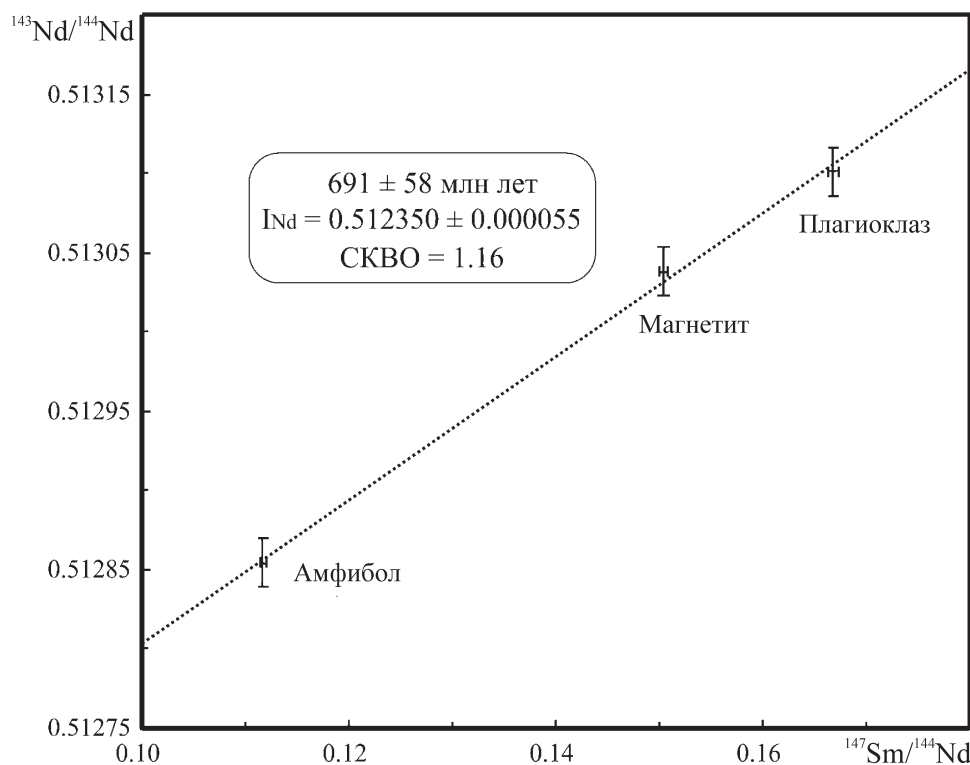


Рис. 6. Изотопная Sm-Nd изохрона для монофракций минералов из пробы плагиогнейса Янг 1/3852.

Fig. 6. Isotope Sm-Nd isochrone for monomineral fractions from the sample plagiogneisse Yang 1/3852.

Таблица 8. Изотопные Rb-Sr данные для плагиогнейсов Янгиюганской скважины**Table 8.** Isotope Rb-Sr data for plagiogneisse from Yangiyuganskaya well

Проба	Содержание, г/г		Изотопные отношения			ISr(T)	$\epsilon_{\text{Sr}}(\text{T})$
	Rb	Sr	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm\Delta$		
Вал	7.27	230.9	0.088833	0.70621	16	0.70584	24.11
Плагиоклаз	4.12	211.8	0.054883	0.70502	14	0.70479	9.21
Эпидот	4.11	1420.2	0.008165	0.70543	15	0.70540	17.79
Слюда	188.2	187.4	2.822444	0.71708	15	0.70535	17.17

Примечание. $I_{\text{Sr}}(\text{T})$ – первичное соотношение изотопов стронция; $\epsilon_{\text{Sr}}(\text{T})$ – отношение первичного соотношения изотопов стронция, рассчитанного для образца, к соотношению изотопов стронция в хондрите.

Note. $I_{\text{Sr}}(\text{T})$ – the primary ratio of strontium isotopes; $\epsilon_{\text{Sr}}(\text{T})$ – the ratio of the primary ratio of strontium isotopes, calculated for a sample to the ratio of strontium isotopes in the chondrite.

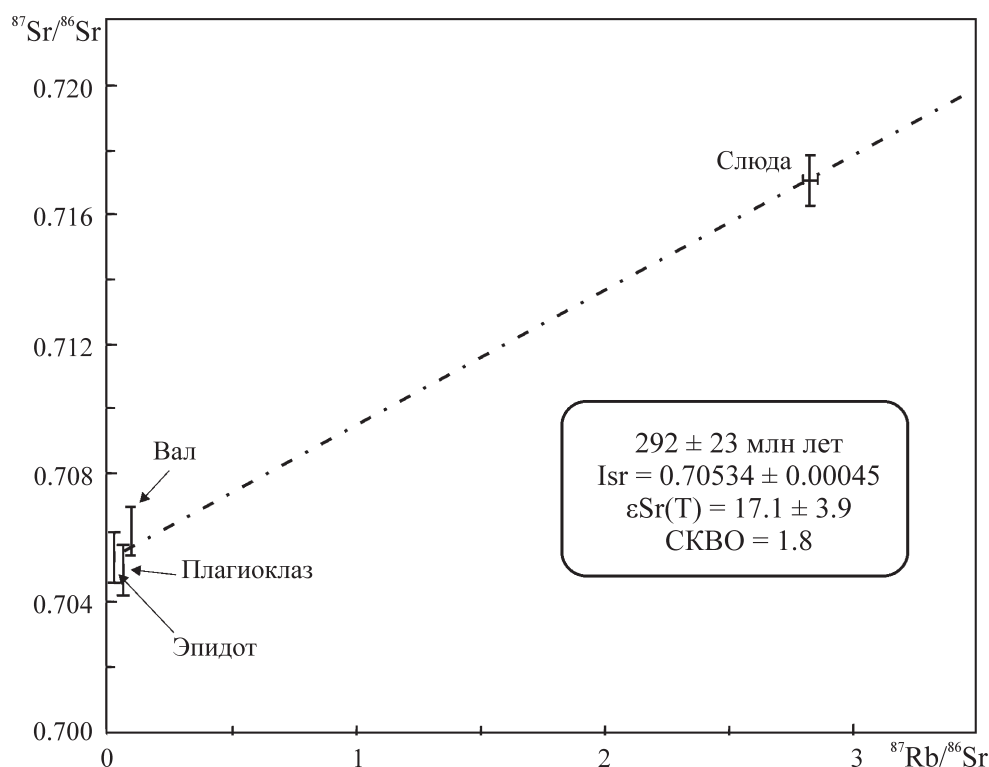


Рис. 7. Изотопная Rb-Sr изохрона для валового состава и монофракций минералов из пробы плагиогнейса Янг 1/3852.

Fig. 7. Isotope Rb-Sr isochrone for whole rock composition and monomineral fractions from the sample plagiogneisse Yang 1/3852.

этих элементов приведены в табл. 8 и на рис. 7. По всей видимости, полученная Rb-Sr изохрона с возрастом 292 ± 23 млн лет для этих же плагиогнейсов зафиксировала наиболее поздние тектоно-термальные события.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

U-Pb методом по цирконам в плагиогнейсах Янгиюганской скважины был определен [7 и др.] возраст двух основных эпизодов геологической

истории формирования кристаллического сиалического фундамента северо-западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. С учетом данных по вещественному составу плагиогнейсов с наибольшей вероятностью они могут быть интерпретированы как: 1) магматическое внедрение плагиогранитов в позднем венде (566 млн лет) и 2) их метаморфизм и превращение в плагиогнейсы в раннем ордовике (486 млн лет).

Было также установлено [2, 7] проявление мощных флюидно-метасоматических процессов переработки пород в каменноугольное время (300–340 млн лет).

Самарий-неодимовая изохрона 691 ± 58 млн лет, хотя численно и не совпадает с цирконовой датировкой 566 млн лет, но также указывает на неопротерозойский возраст исходного вещества плагиогнейсов. Вполне возможно, что датировку в 691 ± 58 млн лет можно интерпретировать как возраст вещества (например, кластического материала песчаников), из которого в определенный момент (566 млн лет) выплавились плагиограниты.

Rb-Sr система тех же гнейсов очевидно зафиксировала наиболее поздние тектоно-термальные события, а полученный возраст 292 ± 23 млн лет достаточно хорошо коррелируется с датировками 300–340 млн лет по цирконам. На Урале в это время (карбон) происходила коллизионная стадия развития земной коры [5 и др.], таким образом, по всей видимости, с коллизией и следует связывать наиболее молодые из выявленных датировок плагиогнейсов Янгйюганской скважины.

Отметим, что на Северном Урале [13 и др.] и особенно на Приполярном Урале [12 и др.] достаточно широко развиты позднедокембрийские гранитоидные и метаморфические комплексы (зачастую претерпевшие и палеозойский метаморфизм [5, 14 и др.], с которыми с определенной долей условности возможно сопоставление исследованных пород.

Исследования проводятся при поддержке Программы Президиума РАН “Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны РФ” в рамках работ по теме “Фундамент северной части Западно-Сибирского мегабассейна ...”, а также гранта РФФИ (№ 16-05-00041-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баянова Т.Б. (2004) Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб.: Наука, 174 с.
- Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Сергеев С.А., Шокальский С.П., Горбачев В.И., Наркисова В.В., Тарханов Г.В. (2013) Первые U-Pb датировки по цирконам докембрийских гранито-гнейсов из фундамента Западно-Сибирской геосинеклизы. *Горн. ведомости*. (4), 14-31.
- Бочкарев В.С., Лукомская К.Г., Тулубаев С.А. (2005) Распространение интрузивных комплексов в фундаменте Западно-Сибирской плиты. *Горн. ведомости*. (2), 44-49.
- Горбачев В.И., Наркисова В.В., Крупеник В.А., Тарханов Г.В., Попов С.Г., Свешникова К.Ю., Соколова Т.Н., Кузьмин Д.А., Докучаев А.Я. (2013) Новые данные о фундаменте Западно-Сибирской плиты (Янгйюганская параметрическая скважина). *Горн. ведомости*. (9), 22-37.
- Иванов К.С. (2001) Оценка палеоскоростей субдукции и коллизии при формировании Урала. *Докл. АН*. 377(2), 231-234.
- Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Писецкий В.Б., Пономарев В.С., Погромская О.Э. (2012) Новые данные о строении фундамента Западно-Сибирской плиты. *Литосфера*. (4), 91-106.
- Иванов К.С., Коротеев В.А., Ерохин Ю.В., Шокальский С.П., Сергеев С.А. (2014) Состав и возраст кристаллического фундамента северо-западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. *Докл. АН*. 459(5), 607-611.
- Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Коротеев В.А., Печеркин М.Ф., Кормильцев В.В., Погромская О.Э., Ронкин Ю.Л., Ерохин Ю.В. (2003) Строение и природа области сочленения Урала и Западной Сибири. *Докл. АН*. 393(5), 647-651.
- Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Пономарев В.С., Коротеев В.А., Ерохин Ю.В. (2012) Природа и возраст метаморфических пород фундамента Западно-Сибирского мегабассейна (по данным изотопного U-Pb-датирования). *Докл. АН*. 443(2), 198-202.
- Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Ронкин Ю.Л., Ерохин Ю.В. (2005) Геохронологические исследования Западно-Сибирского мегабассейна; итоги 50 лет изучения. *Литосфера*. (3), 117-135.
- Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. (1975) Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Наука, 680 с.
- Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герцева М.В., Андреичев В.Л., Дорохов Н.С. (2006) Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. *Литосфера*. (4), 3-22.
- Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Гердес А., Ильясова Г.А., Тристан Н.И., Маслов А.В., Синдерн С. (2013) Новые данные о составе и возрасте орогенных гранитоидов Тиманид на Северном Урале. *Докл. АН*. 450(6), 691-695.
- Русин А.И. (2004) Метаморфические комплексы Урала и проблема эволюции метаморфизма в полном цикле развития литосферы подвижных поясов. Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург, ИГГ УрО РАН, 507 с.
- Рыльков С.А., Рыбалка А.В., Иванов К.С. (2013) Глубинное строение и металлогения Урала: сопоставление глубинной структуры Южного, Среднего и Полярного Урала. *Литосфера*. (1), 3-16.
- Угрюмов А.Н., Воронов В.Н. (2014) К вопросу о стратиграфическом расчленении разреза фундамента Западно-Сибирской плиты по стволу Янгйюганской параметрической скважины. *Горн. ведомости*. (6), 34-48.
- Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. (2001) A geochemical classification for granitic rocks. *J. Petrol.* 42(11), 2033-2048.
- Green T.H., Hellman P.L. (1982) Fe-Mg partitioning between coexisting garnet and phengite at high pressure, and comments on a garnet-phengite geothermometer. *Lithos*. 15, 253-266.
- Green N.L., Usdansky S.I. (1986) Toward a practical plagioclase-muscovite thermometer. *Amer. Mineral.* 71, 1100-1108.
- Hollister L.S., Grissom G.C., Peters E.K., Stowell H.H.,

- Sisson V.B. (1987) Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *Amer. Mineral.* **72**, 231-239.
21. Leake B.E., Woolley A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kato A., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Linthout K., Laird J., Mandarino J.A., Maresch W.V., Nickel E.H., Rock N.M.S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.N., Ungaretti L., Whittaker E.J.W., Youzhi G. (1997) Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names. *Can. Mineral.* **35**, 219-246.
 22. Maniar P.D., Piccoli P.M. (1989) Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bull.* **101**, 635-643.
 23. Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.* **25**, 956-983.
 24. Schmidt M.W. (1992) Amphibole composition as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contrib. Mineral. Petrol.* **110**, 304-310.
 25. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. (1987) A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contr. Mineral. Petrol.* **95**, 407-419.

Regarding the age and composition of gneisses from the basement of West-Siberian plate's north-western part

K. S. Ivanov*, Yu. V. Erokhin*, D. V. Elizarov**, S. P. Shokal'skiy***

*Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS

**Geological Institute, Kol'skiy Science Centre of RAS

***Russian Geological Research Institute (VSEGEI)

The plagiogneiss mineralogy from the Yangiyuganskaya parametric borehole (the West-Siberia north-western part) has been studied. The rocks are composed of quartz-oligoclase aggregate with presence of mica (muscovite and phlogopite), amphibole (edenite-ferroedenite-ferropargasite), clinozoisite-epidote, garnet (almandine-grossular series), clinochlore, microcline, magnetite, titanomagnetite, rutile and fluorapatite. It is shown that plagiogneisses have been formed from leucocratic plagiogranites under the conditions of the metamorphism of amphibolite facies. U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr plagiogneiss datings point with the biggest possibility to the following main events of geological history of these rocks formation: 1) magmatic intrusion of plagiogranites in Vendian; Sm-Nd isochrone 691 ± 58 Ma also points to neoproterozoic age of the plagiogneiss initial substance; 2) the metamorphism of plagiogranites and its turning into plagiogneisses involved in early Ordovician (486 Ma); 3) the latest tectonothermal events (292 ± 23 Ma), fixed by Rb-Sr system are associated possibly with collision processes.

Key words: *West-Siberian plate, Yangiyuganskaya parametric borehole, plagiogneisse, mineralogy, isotope dating.*

REFERENCES

1. Bajanova T.B. (2004) Vozrast repornykh geologicheskikh kompleksov Kol'skogo regiona i dlitel'nost' protsessov magmatizma [Age of reference geological complexes of the Kola region and duration of magmatic processes]. St-Petersburg: Nauka, 174 s. (in Russian)
2. Bochkarev V.S., Brekhuntsov A.M., Sergeev S.A., Shokal'skiy S.P., Gorbachev V.I., Narkisova V.V., Tarkhanov G.V. (2013) Pervye U-Pb datirovki po tsirkonam dokembriyskikh granito-gneysov iz fundamenta Zapadno-Sibirskoy geosineclizy [The first U-Pb dating of zircon from Precambrian granite-gneiss basement of the West Siberian geosyncline]. *Gornye vedomosti.* (4), 14-31. (in Russian)
3. Bochkarev V.S., Lukomskaia K.G., Tulubaev S.A. (2005) Rasprostranenie intruzivnykh kompleksov v fundamente Zapadno-Sibirskoy plity [Distribution of intrusive complexes in the basement of the West Siberian Plate Mountain statements]. *Gornye vedomosti.* (2), 44-49. (in Russian)
4. Gorbachev V.I., Narkisova V.V., Krupenik V.A., Tarkhanov G.V., Popov S.G., Sveshnikova K.Ju., Sokolova T.N., Kuz'min D.A., Dokuchaev A.Ja. (2013) Novye dannye o fundamente Zapadno-Sibirskoy plity (Iangiyuganskaia parametricheskaya skvazhina) [New data on the basement of the West Siberian Plate (Yangiyuganskaya parametric well)]. *Gornye vedomosti.* (9), 22-37. (in Russian)
5. Ivanov K.S. (2001) Otsenka paleoskorostey subdukcii i kollizii pri formirovanii Urala [Evaluation of subduction and collision paleo-rates in the formation of the Urals]. *Docl. Akad. Nauk.* **377**(2), 231-234. (in Russian)
6. Ivanov K.S., Erokhin Yu.V., Pisetskiy V.B., Ponomarev V.S., Pogromskaia O.E. (2012a) Novye dannye o stroenii fundamenta Zapadno-Sibirskoy plity [New data on the structure of the West Siberian Plate basement].

- Litosfera*. (4), 91-106. (in Russian)
7. Ivanov K.S., Koroteev V.A., Erohin Yu.V., Shokal'skiy S.P., Sergeev S.A. (2014) Sostav i vozrast kristallicheskogo fundamenta severo-zapadnoy chasti Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo megabasseyina [Composition and age of crystalline basement of the north-western part of the West Siberian petroleum megabasin]. *Docl. Akad. Nauk*. **459**(5), 607-611. (in Russian)
 8. Ivanov K.S., Fedorov Yu.N., Koroteev V.A., Pecherkin M.F., Kormil'tsev V.V., Pogromskaja O.E., Ronkin Yu.L., Erokhin Yu.V. (2003) Stroenie i priroda oblasti sochlenenija Urala i Zapadnoy Sibiri [The structure and nature of the junction area of the Urals and Western Siberia]. *Docl. Akad. Nauk*. **393**(5), 647-651. (in Russian)
 9. Ivanov K.S., Fedorov Yu.N., Ponomarev V.S., Koroteev V.A., Erokhin Yu.V. (2012) Priroda i vozrast metamorficheskikh porod fundamenta Zapadno-Sibirskogo megabasseyina (po dannym izotopnogo U-Pb-datirovaniya) [The nature and age of the metamorphic basement rocks of the West Siberian megabasin (according to the isotope U-Pb-dating)]. *Docl. Akad. Nauk*. **443**(2), 198-202. (in Russian)
 10. Ivanov K.S., Fedorov Yu.N., Ronkin Yu.L., Erokhin Yu.V. (2005) Geokhronologicheskie issledovaniya Zapadno-Sibirskogo megabasseyina; itogi 50 let izuchenija [Geochronological studies of the West Siberian megabasin; the results of 50 years of study]. *Litosfera*. (3), 117-135. (in Russian)
 11. Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K., Surkov V.S., Trofimuk A.A., Erv'e Ju.G. (1975) Geologiya nefti i gaza Zapadnoy Sibiri [Geology of oil and gas in Western Siberia]. Moscow: Nauka, 680 s. (in Russian)
 12. Kuznetsov N.B., Soboleva A.A., Udoratina O.V., Gertsheva M.V., Andreichev V.L., Dorokhov N.S. (2006) Doural'skaja tektonicheskaja evoliutsiya severo-vostochnogo i vostochnogo obramleniya Vostochno-Evropeyskoy platformy [Pre-Uralian tectonic evolution of the eastern and north-eastern framing of the East European platform]. *Litosfera*. (4), 3-22. (in Russian)
 13. Petrov G.A., Ronkin Yu.L., Gerdes A., Il'jasova G.A., Tristan N.I., Maslov A.V., Sindern S. (2013) Novye dannye o sostave i vozraste orogennykh granitoidov Timanid na Severnom Urale [New data on the composition and age of Timanides orogenic granitoids in the Northern Urals]. *Docl. Akad. Nauk*. **450**(6), 691-695. (in Russian)
 14. Rusin A.I. (2004) Metamorficheskie komplekсы Urala i problema evoliutsii metamorfizma v polnom tsikle razvitiya litosfery podvizhnykh pojasov [Metamorphic complexes of Urals and the problem of the evolution of metamorphism in a complete cycle of the mobile belts lithosphere]. Dissertatsiya ... dok. geol.-min. nauk. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 507 s. (in Russian)
 15. Ryl'kov S.A., Rybalka A.V., Ivanov K.S. (2013) Glubinnoe stroenie i metallogeniya Urala: sopostavlenie glubinnoy struktury Juzhnogo, Srednego i Poljarnogo Urala [Deep structure and metallogeny of the Urals: comparison of the deep structure of the Southern, Middle and Polar Urals]. *Litosfera*. (1), 3-16. (in Russian)
 16. Ugrjumov A.N., Voronov V.N. (2014) K voprosu o stratigraficheskom raschlenenii razreza fundamenta Zapadno-Sibirskoy plity po stvolu Jangijuganskoy parametricheskoy skvazhiny [On the stratigraphy dissection West Siberian plate basement on the trunk Yangiuganskaya parametric well. Mountain statements]. *Gornye vedomosti*. (6), 34-48. (in Russian)
 17. Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. (2001) A geochemical classification for granitic rocks. *J. Petrol.* **42**(11), 2033-2048.
 18. Green T.H., Hellman P.L. (1982) Fe-Mg partitioning between coexisting garnet and phengite at high pressure, and comments on a garnet-phengite geothermometer. *Lithos*. **15**, 253-266.
 19. Green N.L., Usdansky S.I. (1986) Toward a practical plagioclase-muscovite thermometer. *Amer. Mineral.* **71**, 1100-1108.
 20. Hollister L.S., Grissom G.C., Peters E.K., Stowell H.H., Sisson V.B. (1987) Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *Amer. Mineral.* **72**, 231-239.
 21. Leake B.E., Woolley A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kato A., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Linthout K., Laird J., Mandarino J.A., Maresch W.V., Nickel E.H., Rock N.M.S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.N., Ungaretti L., Whittaker E.J.W., Youzhi G. (1997) Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names. *Can. Mineral.* **35**, 219-246.
 22. Maniar P.D., Piccoli P.M. (1989) Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bull.* **101**, 635-643.
 23. Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.* **25**, 956-983.
 24. Schmidt M.W. (1992) Amphibole composition as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contrib. Mineral. Petrol.* **110**, 304-310.
 25. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. (1987) A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contr. Mineral. Petrol.* **95**, 407-419.