ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2021, том 496, № 1, с. 5–10

УДК 550.93(571.1)

ПРИРОДА И ВОЗРАСТ ГРАНИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (НА ПРИМЕРЕ КРИВОЛУЦКОГО БАТОЛИТА)

© 2021 г. Ю. В. Ерохин^{1,*}, К. С. Иванов¹, академик РАН В. А. Коротеев¹, М. В. Шалдыбин², В. В. Хиллер¹

Поступило 24.08.2020 г. После доработки 16.10.2020 г. Принято к публикации 19.10.2020 г.

Изучение гранитов в фундаменте Западно-Сибирской платформы имеет важное значение. С ними связаны углеводородные залежи, которые располагаются не только над массивом кислых пород, но и в самих гранитах, метасоматически измененных в кровле. При этом граниты наиболее легко и достоверно датируются по цирконам, что облегчает рассмотрение геологического строения района, особенно в условиях перекрытия мощным осадочным чехлом. Изучен вещественный состав гранитоидов из фундамента Трайгородско-Кондаковского лицензионного участка Западно-Сибирского мегабассейна, который расположен на северо-западе Томской области, у границы с ХМАО, примерно в 40 км восточнее села Александровское. Этот участок расположен в пределах Александровского свода, который с юго-востока ограничен Усть-Тымской мегавпадиной, а с северо-запада – Колтогорским мезопрогибом. Сам Александровский свод имеет сложное строение, где в обрамлении карбон-девонских осадочных (преимущественно карбонатных) пород и ордовик-силурийских сланцев располагается крупный Криволуцкий гранитный батолит. Установлено, что породы батолита относятся к лейкогранитам и гранитам нормальной щелочности и подверглись метасоматическим изменениям в виде наложенной пропилитизации и аргиллизации. Граниты относятся к І типу и вероятно формировались по островодужному субстрату. Их возраст, по результатам U-Pb-датирования цирконов, составляет примерно 268 млн лет, т.е. генерация и внедрение гранитов происходили во время начала образования центрального рифта Западной Сибири – Колтогорско-Уренгойского (по данным Аг–Аг-датирования базальтов также формировался 268 млн лет назад).

Ключевые слова: граниты, цирконы, U–Pb-датирование, Александровский свод, Западная Сибирь **DOI:** 10.31857/S2686739721010060

Нами исследовались граниты на Трайгородско-Кондаковском лицензионном участке, который расположен на северо-западе Томской области, у границы с ХМАО, примерно в 40 км восточнее села Александровское. Месторождения нефти здесь были открыты в 1966 г., но только с начала этого века стали разрабатываться. Ранее здесь выделялось три участка – Чебачий, Кондаковский и Трайгородский, а в настоящее время все они были объединены в Трайгородско-Кондаковский. Этот участок расположен в пределах Александровского свода, который с юго-востока ограничен Усть-Тымской мегавпадиной, а с северо-запада – Колтогорским мезопрогибом ([8, 9, 11] и др.). На палеозойские структуры здесь наложены триасовые рифты, выполненные базальтами (детальнее – см. [6] и рис. 1). Сам Александровский свод имеет сложное строение, где в обрамлении карбон-девонских осадочных (преимущественно карбонатных) пород и ордовиксилурийских сланцев располагается крупный Криволуцкий гранитный батолит. Массив имеет неправильную вытянутую форму и ориентирован с севера на юг, приблизительный размер 10 × 30 км, так как с поверхности он перекрыт битуминозными аргиллитами баженовской свиты поздней юры ([7, 10] и др.).

Нами изучался керн одной из скважин, пробуренной по телу гранитного массива, по которому суммарно она прошла 75 м. Примечательно, что в районе массива разрез юры (от подошвы баженовской свиты до фундамента) сокращается до 25—30 м, а в районе Чебачьего участка баженовская свита непосредственно примыкает к гранитам. В интервале примыкания от контакта с осадками баженовской свиты (около 8 м) гранитоиды

¹ Институт геологии и геохимии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

² АО "ТомскНИПИнефть", Томск, Россия

^{*}E-mail: erokhin-yu@yandex.ru



Рис. 1. Геологическая карта доюрского основания Александровского свода (дана по [7] с упрощениями). 1 – предположительно протерозойские и нижнепалеозойские метаморфические сланцы и гнейсы; 2 – гранитоиды Криволуцкого массива; 3 – ордовикско-силурийские глинистые, метаморфические сланцы и мраморы; 4 – девонские и нижнекаменноугольные известняки, песчаники, сланцы, эффузивы и их туфы; 5 – триасовые базальты и диабазы Колтогорского рифта; 6 – триасовые риолиты и их туфы; 7 – разломы; 8 – река Обь; 9 – город Стрежевой; 10 – изученная скважина.

претерпели вторичные изменения в виде пропилитизации и аргиллизации. После интервалов метасоматитов вскрыты неизмененные граниты, имеющие розоватую окраску и мелко-среднезернистую структуру.

Породы сложены агрегатом кварца, калиевого полевого шпата (ортоклаз), плагиоклаза (альбит) и биотита (аннит). Из вторичных минералов отмечаются карбонат (кальцит и сидерит), мусковит (по матрице полевых шпатов) и хлорит (по биотиту). Из акцессорных минералов присутствуют циркон, титанит и фторапатит. По петрохимическим данным породы относятся к обычным лейкогранитам и гранитам нормально-шелочного ряда (см. табл. 1) и, в целом, напоминают породы Приобского комплекса Колывань-Томской складчатой зоны [2]. На спектрах РЗЭ идет постепенное нарастание легких лантаноидов, и отсутствует европиевая аномалия (см. рис. 2а). На разных дискриминационных диаграммах исследуемые умеренно-глиноземистые граниты попадают в область гранитоидов активной континентальной окраины и океанических дуг, что позволяет относить их к гранитам І типа. На диаграммах Дж. Пирса [16] породы располагаются в полях составов гранитоидов, образовавшихся как в островодужной, так и в коллизионной обстановке (см. рис. 2б).

Датирование гранитов Александровского свода ранее не проводилось, предполагался их среднепозднепалеозойский возраст [11] или пермскотриасовый возраст по аналогии с породами Приобского комплекса Колывань-Томской складчатой зоны [2]. Нами для U—Pb-изотопного датирования были выделены акцессорные цирконы, размером от 100 до 150 мкм, редко до 300 мкм по



Рис. 2. Геохимическая характеристика гранитоидов Александровского свода: а – Распределение РЗЭ, нормированное по составу хондрита (значения для нормализации по [15]), б – Дискриминационная диаграмма Rb–Y+Nb, по [16].

ПРИРОДА И ВОЗРАСТ ГРАНИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ

Гл., м	2091	2093	2126	Гл., м	2091	2093	2126
SiO ₂	73.81	74.64	70.52	La	19.02	13.90	18.50
TiO ₂	0.07	0.21	0.36	Ce	39.46	29.53	39.06
Al_2O_3	13.44	13.64	15.38	Pr	4.35	2.80	4.40
Fe ₂ O ₃	0.28	0.21	0.51	Nd	14.42	9.31	15.13
FeO	0.75	0.64	1.66	Sm	2.16	1.51	2.47
MnO	0.03	0.04	0.06	Eu	0.49	0.41	0.58
MgO	0.19	0.16	0.57	Gd	2.28	1.61	2.72
CaO	1.36	1.17	1.94	Tb	0.19	0.15	0.25
Na ₂ O	3.97	3.62	4.35	Dy	0.83	0.67	1.08
K ₂ O	4.08	4.18	2.97	Но	0.15	0.13	0.20
П.п.п.	1.62	0.84	0.93	Er	0.40	0.37	0.57
Li	10.51	9.72	34.42	Tm	0.06	0.05	0.08
Be	2.46	2.13	2.76	Yb	0.40	0.37	0.57
Sc	1.32	1.30	1.81	Lu	0.06	0.06	0.09
Ti	1152	1104	1449	Hf	3.23	2.96	3.93
V	6.74	7.36	8.54	Та	1.61	1.08	1.36
Cr	1.13	1.00	1.23	W	1.28	4.31	0.34
Mn	66.19	80.77	196	Tl	0.95	0.99	1.22
Co	1.11	4.07	1.17	Pb	18.14	17.88	21.07
Ni	0.82	3.48	0.87	Bi	0.21	0.38	0.03
Cu	4.15	6.36	2.75	Th	10.25	6.99	16.57
Zn	32.26	25.79	41.56	U	3.12	15.21	5.27
Ga	19.59	19.51	20.46	Rb	115	111	92.29
Ge	1.21	1.16	1.13	Sr	320	275	319
Y	3.67	3.47	5.21	Nb	13.60	11.34	15.91
Zr	118	118	140	Mo	0.02	0.09	0.06
Cs	2.26	2.03	2.76	Ag	0.43	0.39	0.55
Ba	871	909	852	Cd	0.09	0.09	0.11
Sn	0.87	1.08	1.52	Sb	0.38	0.33	0.27

Таблица 1. Содержание петрогенных (вес%) и редких (г/т) элементов в гранитоидах Александровского свода

Примечание. Анализы пород сделаны в лаборатории ФХМИ (ИГГ УрО РАН); керн с глубины 2091 и 2093 м – лейкограниты, а с глубины 2126 м – гранит.

удлинению. Кристаллы имеют белесую окраску, хорошо огранены, коротко- и длиннопризматического габитуса, обычно с развитием одной дипирамиды и редким присутствием базопинакоида (рис. 3). Определение U–Pb-возраста по цирконам было выполнено на ионном микрозонде SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ, по методике [17]. В табл. 2 приведены результаты изотопного анализа цирконов из гранитов Александровского свода. Полученные датировки легли на конкордию (рис. 4) в область 267–269 млн лет, что соответствует среднепермскому времени, нижней половине гваделупской (Guadalupian) эпохи Международной шкалы. Кроме того, в пробах отмечаются более молодые конкордатные значения возраста в области 250–240 млн лет и дискордантные — в области 230, 200, 180, 160 и 130 млн лет. Эти датировки в основном встречаются в краевых частях кристаллов циркона и, по всей видимости, являются результатом метасоматических преобразований гранитов. Отметим, что эти более молодые цифры (в пределах 250–130 млн лет) очень хорошо совпали с ранее выявленными (по омоложенным К–Аг-датировкам) этапами мезозойской тектонической активизации Западно-Сибирской платформы [13].

Получается, что граниты Александровского свода сформировались несколько ранее гранитоидов Приобского комплекса Колывань-Томской складчатой зоны, возраст которых оценивается от



Рис. 3. Морфология зерен циркона в гранитоидах Александровского свода. BSE-фото.



Рис. 4. U–Pb (SHRIMP-II)-данные для цирконов из гранитоидов Александровского свода.

261 до 249 млн лет [1]. Интересно, что полученные U-Рb-датировки гранитов Александровского свода совпали с Ar-Ar-возрастом неизмененных базальтов (268 млн лет) из расположенного рядом Колтогорского рифта [4]. Из этого следует, что изученные граниты были сформированы во время первого импульса растяжения, предшествовавшего формированию системы раннетриасовых грабенов Западной Сибири, и, по всей видимости, связанного с подъемом мантийного плюма, описанного в ([3, 14] и др.). При этом кремнекислые породы, сформированные под действием мантийного плюма, имеют геохимические черты гранитов А-типа ([5, 12] и др.), характерных для обстановок растяжения: внутриплитных, рифтогенных, постколлизионных. Но граниты Александровского свода относятся к I типу и не имеют геохимических меток внутриплитного магматизма. На наш взгляд, это может объясняться тем, что при становлении центрального рифта Запалной Сибири – Уренгойско-Колтогорского. шириной до 50 км, при воздействии высокотемпературного плюма (температура базальтового расплава составляет как известно около 1200°С) и связанных с ним тепловых и флюидных потоков, произошло частичное плавление уже сформированной к тому времени континентальной земной коры Западно-Сибирской платформы. В составе этой коры преобладали островодужные образования ([6] и др.), очевидно, и явившиеся материалом для выплавления гранитов Александровского свода.

ПРИРОДА И ВОЗРАСТ ГРАНИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ

	Содержание				Возраст,	$M_{\text{POTOTULE}} = 27429429447 (1) \pm \%$							
Зерно	%	Г/Т			млн лет	изотопные отношения (1), $\pm \%$							
	²⁰⁶ Pb _c	²⁰⁶ Pb*	U	Th	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*					
TK 7/2093													
1.1	0.19	19.0	521	101	267.9 ± 2.7	0.296 ± 2.7	0.0424 ± 1.0	23.59 ± 1.0					
2.1	0.02	38.7	1049	252	271.1 ± 2.5	0.303 ± 1.6	0.0429 ± 0.9	23.30 ± 0.94					
2.2	0.58	45.2	1857	424	178.8 ± 1.6	0.200 ± 2.2	0.0282 ± 0.9	3547 ± 0.92					
3.1	0.00	5.7	159	33	264.2 ± 3.5	0.291 ± 3.7	0.0418 ± 1.3	2393 ± 1.3					
3.2	0.00	5.34	144	33	272.9 ± 3.7	0.300 ± 3.9	0.0432 ± 1.4	23.16 ± 1.4					
4.1	0.12	37.9	1038	246	268.0 ± 3.9	0.297 ± 2.2	0.0424 ± 1.5	23.58 ± 1.5					
4.2	0.20	38.7	1181	207	240.8 ± 2.3	0.266 ± 2.2	0.0380 ± 0.9	26.29 ± 0.94					
5.1	0.03	26.2	724	120	265.5 ± 2.6	0.299 ± 1.9	0.0421 ± 1.0	23.78 ± 0.98					
6.1	0.44	41.6	1873	403	163.8 ± 1.5	0.194 ± 2.1	0.0257 ± 1.0	38.85 ± 0.95					
7.1	0.09	39.5	1097	298	264.2 ± 2.6	0.296 ± 1.8	0.0418 ± 1.0	23.91 ± 0.98					
		I		TK 7/	2126	1	1	1					
1.1	0.03	40.1	1127	324	261.8 ± 2.5	0.292 ± 1.7	0.0415 ± 1.0	24.13 ± 0.97					
1.2	3.01	61.3	3273	1311	134.9 ± 1.2	0.172 ± 3.2	0.0211 ± 0.9	47.31 ± 0.93					
2.1	0.00	36.0	986	338	268.3 ± 2.6	0.307 ± 1.7	0.0425 ± 1.0	23.53 ± 0.99					
2.2	0.07	24.9	667	118	274.4 ± 2.7	0.312 ± 2.7	0.0435 ± 1.0	23.00 ± 0.99					
3.1	0.95	73.2	2308	891	231.6 ± 2.1	0.268 ± 2.1	0.0366 ± 0.9	27.34 ± 0.91					
4.1	0.27	18.3	500	93	267.7 ± 4.0	0.298 ± 3.0	0.0424 ± 1.5	23.58 ± 1.5					
5.1	0.13	31.1	840	148	271.6 ± 2.6	0.302 ± 2.0	0.0430 ± 1.0	23.24 ± 0.96					
6.1	0.00	22.4	605	144	271.8 ± 2.7	0.310 ± 2.0	0.0431 ± 1.0	23.22 ± 1.0					
7.1	0.08	60.6	1648	330	269.9 ± 2.5	0.300 ± 1.6	0.0427 ± 0.9	23.38 ± 0.94					
7.2	0.34	25.0	730	159	251.4 ± 2.5	0.274 ± 2.6	0.0398 ± 1.0	25.15 ± 1.0					
8.1	1.59	94.3	2970	986	230.4 ± 2.1	0.284 ± 5.1	0.0364 ± 1.0	27.49 ± 0.95					
9.1	0.86	57.4	2013	3677	208.7 ± 1.9	0.246 ± 2.5	0.0329 ± 1.0	30.39 ± 0.95					

Таблица 2. U–Pb (SHRIMP-II)-изотопные данные для цирконов из гранитоидов Александровского свода

Примечание. Pb_c и Pb^* — обыкновенный и радиогенный свинец соответственно; погрешности калибровки относительно стандартов 0.31%; (1) коррекция с использованием ²⁰⁴Pb.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят АО "Томскнефть" ВНК за предоставленный материал для исследования.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Сотрудники Института геологии и геохимии работали над статьей в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН (регистрационный № АААА-А18-118052590032-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

 Бабин Г.А., Черных А.И., Головина А.Г., Жигалов С.В., Долгушин С.С., Ветров Е.В., Кораблева Т.В., Бодина Н.А., Светлова Н.А., Федосеев Г.С., Хилько А.П., Епифанов В.А., Лоскутов Ю.И., Лоскутов И.Ю., Михаревич М.В., Пихутин Е.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-44. Новосибирск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 392 с.

- Варзарова Э.Г., Гертнер И.Ф., Кравченко Г.Г. Особенности вещественного состава пород фундамента западно-Сибирской плиты (Александровский свод) // Современные тенденции развития нефтегазовой и машиностроительной отраслей. Материалы I Международной конференции. Пермь: Издво ИП Т.М. Ситигова, 2016. С. 11–16.
- 3. Добрецов Н.Л. Эволюция структур Урала, Казахстана, Тянь-Шаня и Алтае-Саянской области в Урало-Монгольском складчатом поясе // Геология и геофизика, 2003. Т. 44. № 1–2. С. 5–27.
- 4. *Иванов К.С., Ерохин Ю.В.* О времени заложения системы триасовых рифтов Западной Сибири // ДАН. 2019. Т. 486. № 1. С. 88–92.
- 5. Иванов К.С., Ерохин Ю.В., Ронкин Ю.Л., Хиллер В.В., Родионов Н.В., Лепихина О.П. Первые сведения о раннепротерозойском сиалическом фундаменте на востоке Западно-Сибирской платформы (результаты исследования Тыньярского риолит-гра-

ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ том 496 № 1 2021

нитного массива) // Геология и геофизика, 2012. Т. 53. № 10. С. 1304–1321.

- Иванов К.С., Костров Н.П., Вахрушева Н.В., Ерохин Ю.В., Берзин С.В., Погромская О.Э., Степанов А.Е. Геологическое строение фундамента центральной части Западно-Сибирской платформы (Юганско-Колтогорский регион). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2018. 325 с.
- Калинин А.Ю. Структурно-тектоническая характеристика, сейсмогеологическая модель и оценка перспектив нефтегазоносности верхней юры и неокома Александровского свода и Колтогорского мегапрогиба. Дисс... кандидата геол.-мин. наук. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2015. 200 с.
- Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Наука, 1975. 680 с.
- Конторович В.А., Калинина Л.М., Калинин А.Ю., Соловьев М.В., Локтионова О.А. Геологическое строение и сейсмогеологические критерии картирования нефтегазоперспективных объектов нижнеюрских отложений Усть-Тымской мегавпадины // Геология нефти и газа. 2018. № 6. С. 81–96.
- Конторович В.А., Калинина Л.М., Лапковский В.В., Соловьев М.В., Бахарев А.Н. Тектоника и нефтегазоносность центральной части Александровского свода // Геология нефти и газа. 2011. № 5. С. 119– 127.
- Лобова Г.А., Лунёва Т.Е., Исаева О.С. Нефтегазоносность коры выветривания и палеозоя Колтогорского мезопрогиба (северо-запад Томской области) // Известия Томского политехнического

университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 9. 103–113.

- 12. Туркина О.М., Сенников Н.В., Клец А.Г., Беляев С.Ю., Филиппов Ю.Ф., Руднев С.Н. Изотопный Sm-Nd состав гранитов Межовского устойчивого массива и вероятная оценка возраста сиалической коры центральной части Западно-Сибирской геосинеклизы / Фундамент, структуры обрамления Западно-Сибирского мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна, их геодинамическая эволюция и проблемы нефтегазоносности: Материалы II Всероссийской научной конференции. Новосибирск: "Гео", 2010. С. 166–168.
- 13. Федоров Ю.Н., Криночкин В.Г., Иванов К.С., Краснобаев А.А, Калеганов Б.А. Этапы тектонической активизации Западно-Сибирской платформы (по данным К-Аг метода датирования) // ДАН/ 2004. Т. 397. № 2. С. 239–242.
- Large Igneous Provinces of Asia, Mantle Plumes and Metallogeny / Dobretsov N., Pirajno F., Borisenko A. (Eds.). Novosibirsk: SB RAS, 2009. 432 p.
- Nakamura N. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in Carbonaceous and Ordinary Chondrities // Geochim. Cosmochim. Acta. 1974. V. 38. P. 757–775.
- Pearce J.A., Harris N.B., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // Journal of Petrology. 1984. Vol. 25. P. 956–983.
- Schuth S., Gornyy V.I., Berndt J., Shevchenko S.S., Sergeev S.A., Karpuzov A.F., Mansfeldt T. Early Proterozoic U-Pb zircon ages from basement gneiss at the Solovetsky Archipelago, White Sea, Russia // Inter. Journal of Geosciences. 2012. Vol. 3. № 2. P. 289–296.

NATURE AND AGE OF GRANITES IN THE CENTRAL PART OF THE WESTERN SIBERIAN PLATFORM (ON THE EXAMPLE OF THE KRIVOLUTSKY BATHOLITH)

Yu. V. Erokhin^{a,#}, K. S. Ivanov^a, Academician of the RAS V. A. Koroteev^a, M. V. Shaldybin^b, and V. V. Khiller^a

^a Institute geology and geochemistry, Urals Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation ^b TomskNIPIneft JSC, Tomsk, Russian Federation

[#]E-mail: erokhin-yu@yandex.ru

The study of granites in the basement of the Western Siberian platform is of great importance. They are associated with hydrocarbon deposits, which are located not only above the massif of felsic rocks, but also in the granites themselves, metasomatically altered at the top. At the same time, granites are most easily and reliably dated by zircons, which makes it easier to examine the geological structure of the area, especially in conditions of overlap by a thick sedimentary cover. The material composition of granitoids from the basement of the Traigorod-Kondakovsky license area of the Western Siberian megabasin, which is located in the northwest of the Tomsk region, near the border with the Khanty-Mansi Autonomous Okrug, about 40 km east of the Aleksandrovskoye village, has been studied. This license area is located within the Aleksandrovsky arch, which is bounded in the southeast by the Ust-Tymsk megadepression, and in the northwest by the Koltogorsky mesodepression. The Aleksandrovsky arch itself has a complex structure, where a large Krivolutsky granite batholith is located in the frame of the Carboniferous-Devonian sedimentary (mainly carbonate) rocks and Ordovician-Silurian shales. It has been established that batholith rocks belong to leucogranites and granites of normal alkalinity and have undergone metasomatic alterations in the form of superimposed propylitization and argillization. Granites belong to I-type and probably formed along the island arc substrate. Their age, according to the results of U-Pb dating of zircons, is approximately 268 Ma, i.e. generation and intrusion of granites took place during the beginning of the formation of the central rift of Western Siberia – the Koltogorsk-Urengoy (according to Ar-Ar dating of basalts also formed 268 million years ago).

Keywords: granites, zircons, U-Pb dating, Aleksandrovsky arch, Western Siberia