Региональная геология

УДК 550.844+546.791.027+632.126 https://doi.org/10.26516/2541-9641.2022.4.53

Источник трахидацит-риолитовых галек среднеюрских конгломератов на северо-западном берегу Байкала: сопоставление галек с породами магматических комплексов верхнего палеозоя и мезозоя Забайкалья

Р.В. Олиферовский¹, Е.А. Седунова¹, И.Б. Шаметова¹, А.В. Башкирцев¹, Д.А. Данилин¹, А.Р. Монгуш¹, С.Н. Коваленко¹, Т.А. Ясныгина², И.С. Чувашова^{1,2}, Е.В. Саранина², С.В. Рассказов^{1,2}

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия ²Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Конгломераты, обнаженные на северо-западном берегу оз. Байкал, в районах Больших Котов и Листвянки, относятся по палеонтологическим данным к верхней части разреза юго-восточной части Иркутского бассейна (Ангаро-Котинской впадины) и рассматриваются в составе нижней подсвиты котовской свиты, датируемой верхней частью ааленского яруса средней юры (174–170 млн лет). Для выявления источника обломочного материала конгломератов определяются содержания петрогенных оксидов и микроэлементов, просматриваются шлифы галек вулканических пород. Выделяется 5 групп трахидацит-риолитовых галек плюмазитового состава в первом обнажении и группа, подобная по составу основной большекотовской группе, - во втором. Обозначается отличие гальки конгломератов верхней части разреза Ангаро-Котинской впадины от гальки щелочных эффузивов кислого и среднего состава нижней и средней частей разреза. Предполагается сходство состава галек верхнекотовской подсвиты с составом среднеюрских вулканических и субвулканических пород Забайкалья. Допускается их происхождение из трех источников: 1) ближнего – неизвестного среднеюрского вулкана, погребенного под кайнозойскими осадочными отложениями Южно-Байкальской впадины, в шовной зоне Сибирского палеоконтинента, 2) средне-удаленного (на 250-500 км) - среднеюрских вулканоплутонических комплексов Джида-Витимской зоны разломов и 3) более удаленного – Монголо-Охотской зоны разломов.

Ключевые слова: Иркутский угленосный бассейн, Байкал, Забайкалье, юра, ааленский ярус, риолит, трахидацит, агпаитовые породы, плюмазитовые породы.

Source of trachydacite-rhyolite pebbles of Middle Jurassic conglomerates on the northwestern shore of Lake Baikal: comparison of the pebbles with rocks of Upper Paleozoic and Mesozoic igneous complexes from Transbaikalia

R.V. Oliferovsky¹, E.A. Sedunova¹, I.B. Shametova¹, A.V. Bashkirtsev¹, D.A. Danilin¹, A.R. Mongush¹, S.N. Kovalenko¹, T.A. Yasnygina², I.S. Chuvashova^{1,2}, E.V. Saranina², S.V. Rasskazov^{1,2}

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia ²Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia

Abstract. From paleontological data, conglomerates exposed on the northwestern shore of Lake Baikal, in the Bolshiye Koty and Listvyanka areas, belongs to the upper part of the section of the southeastern part of the Irkutsk coal-bearing basin (Angara-Koty depression) and is considered as part of the lower subformation of the Koty Formation dated back to the upper part of the Aalenian Stage of the Middle Jurassic (174–170 Ma). To identify a source of clastic material of the conglomerates, petrogenic oxides and trace elements of pebbles of volcanic rocks are determined and thin sections are examined. Defined are five groups of trachydacite-rhyolite pebbles of plumasite composition in the former outcrop and a group similar in composition to the main Bolshive Koty group in the second one. The difference between the pebbles of conglomerates from the upper part of the section in the Angara-Koty depression and those of alkaline effusives of acidic and intermediate composition from the lower and middle parts of the section is indicated. It is assumed that the composition of the pebbles of the Upper Koty subformation is similar to that of the Middle Jurassic volcanic and subvolcanic rocks from Transbaikalia. Their origin from three sources is possible: 1) from nearest one – an unknown Middle Jurassic volcano buried under Cenozoic sedimentary stratum of the South Baikal basin, in the suture zone of the Siberian paleocontinent, 2) from the middle-remote one (distance over 250–500 km) – Middle Jurassic volcano-plutonic complexes of the Dzhida-Vitim fault zone, and 3) from the more remote one - the Mongolian-Okhotsk fault zone.

Keywords: Irkutsk coal-bearing basin, Baikal, Transbaikalia, Jurassic, Aalenian stage, rhyolite, trachydacite, agpaitic rocks, plumasitic rocks.

Введение

На северо-западном берегу оз. Байкал, рядом с пос. Большие Коты, возвышается утес Скрипер (высота 611 м), сложенный юрскими конгломератами. Это обнажение привлекло внимание П.С. Палласа, который в 1772 г., наблюдая «утесы конгломератов на западном берегу озера, пришел к убеждению, что котловина Байкала представляет собой громадную трещину, разделившую горы и заполнившуюся водой» (Флоренсов, 1960, с. 5). Рассматривая распределение вулканогенных и осадочных формаций в рельефе в монографии, изданной в 1960 году, Н.А. Флоренсов «об исключительной сделал вывод

локализации кайнозойских впадин в Прибайкалье, о том, что последние как бы вложены, «втиснуты» в гораздо более широкое и ровное мезозойское тектоническое поле» [там же, с. 189]. В цитированной монографии Н.А. Флоренсов указал на присутствие в усть-балейском разрезе, на правом берегу Ангары, в конгломератах присаянской свиты (J₁₋₂) галек, подобных по составу вулканическим породам Селенгинской Даурии Забайкалья. Идея о вероятном переносе обломочного материала из Забайкалья в Иркутский угленосный бассейн через будущий Байкал от района дельты р. Сленги к району истока р. Ангары иллюстрировалась в статье (Замараев, Самсонов, 1959), опубликованной одновременно с монографией Н.А. Флоренсова (рис. 1).



Рис. 1. Схема накопления осадочных пород в мезозое и кайнозое в районе оз. Байкал (Замараев, Самсонов, 1959). Осадконакопление: 1 – в юре; 2 – в неогене; 3 – в четвертичном периоде (наиболее интенсивное); 4 – направление сноса обломочного материала в четвертичном периоде.

Fig. 1. Scheme of the accumulation of Mesozoic and Cenozoic sedimentary rocks in the area of Lake. Baikal (Zamaraev, Samsonov, 1959). Sedimentation: 1 - in the Jurassic; 2 - in the Neogene; 3 - in the Quaternary (the most intense); 4 - direction of transportation of clastic material in the Quaternary.

Байкальская тропа Листвянка-Большое Голоустное – место проведения ежегодных учебных геологических практик студентов геологического факультета Иркутского государственного университета. На этом маршруте, в районе утеса Скрипер, предметом геологических наблюдений студентов являются юрские конгломераты, представляющие собой скопление хорошо окатанных галек различного состава и размера (Коваленко, 2016). Для адресного определения источника сноса обломочного материала эффузивов, при проведении учебной геологической практики 2016 г. студентами 2 курса геологического факультета ИГУ под руководством преподавателя С.Н. Коваленко, была отобрана представительная коллекция образцов галек из обнажения района пос. Большие Коты. Затем, при проведении учебной геологической практики 2018 г. студентами 1 курса под руководством преподавателей С.В. Рассказова, И.С. Чувашовой и А.А. Каримовой была отобрана представительная коллекция образцов галек из обнажения юрских конгломератов севернее пос. Листвянка.

Цель совместного исследования студентов и преподавателей – определить вероятный источник вулканических пород, представленных гальками в обнажениях берега Байкала (Больших Котов и Листвянки), и обозначить значение такого источника для палеотектонической реконструкции времени его накопления.

Общая характеристика конгломератов

Живописные обнажения конгломератов, доступные для изучения, наблюдаются в пос. Большие Коты и чуть выше поселка по рр. Большие и Малые Коты, а также по берегу оз. Байкал (координаты: 51.90230° с. ш., 105.10528° в. д.) и в районе утеса Скрипер, примерно в 4 км к северу востоку от поселка Большие Коты (точка наблюдения 038, координаты: 51.89981° с. ш., 105.13048° в. д.). От поселка к этому утесу ведет хорошо обустроенная туристическая тропа. Утес, сложенный конгломератами, выступает над зеркалом оз. Байкал на 250 м (рис. 2а).

В районе рек Большие и Малые Коты на юрские отложения надвинуты архейские метаморфические породы фундамента. Здесь находится один из фрагментов юрского Ангарского надвига (Данилович, 1949, 1963; Сизых и др., 1983). В то же время, скальное обнажение утеса Скрипер разбито субвертикальными разрывами со смещениями, субпараллельными Обручевскому сбросу, по которому опускалось днище впадины Байкала (рис. 2б). Важная роль смещений такого типа на северо-западном берегу Байкала была выявлена прежде В.В. Ружичем в Приморской шовной зоне (устное сообщение в 2019 г.).

Конгломерат представляет собой породу с окатанной галькой разнообразных размеров вплоть до валунов 30×40 см (рис. 3a). Местами конгломерат содержит до 50 % гравелистого и песчанистого цемента. Разобщенные гальки «плавают» в цементе (рис. 3δ).

В точке наблюдения 038, в верхней части обнажения утеса Скрипер, определен петрографический состав конгломерата (рис. 4). В совокупности 100 произвольно отобранных галек представлены: 16 гранитов, 65 эффузивов, 16 слабо раскристаллизованных субвулканических пород (долериты?), 1 кварцит, 2 кварцевые гальки (рис. 4).



Рис. 2. Общий вид утеса Скрипер и устья р. Сенной, фотография 1882, 2009 г. (*a*) и вид фрагмента конгломератов, разбитых субвертикальными трещинами, параллельными Обручевскому сбросу (*б*). На переднем плане фотографии *б* различается обломочный материал разного размера, от мелкой гальки до крупных валунов.

Fig. 2. General view of the Skriper cliff and the mouth of the Sennaya river. photograph 1882, 2009 (*a*) and view of a fragment of conglomerates dissected by subvertical cracks parallel to the Obruchev fault (δ). In foreground of photograph δ , clastic material of various sizes is distinguished, from small pebbles to large boulders.



Рис. 3. Конгломерат с крупным валуном на скальнике Скрипер в т.н. 038, фотография 1894, 2009 г. (*a*) и «плавающие гальки» в конгломерате, т.н. 025 (координаты: 51.89847° с. ш., 105.14131° в. д.), фотография 1342а (б). На фотографии б стрелками показаны гальки эффузивных пород среднего-кислого состава.

Fig. 3. A conglomerate with a large boulder on the Skriper cliff in site 038, photograph 1894, 2009 (*a*) and "floating pebbles" in a conglomerate, in site 025 (N51.89847°, E105.14131°), photograph 1342a (δ). Arrows in photo δ show pebbles of effusive rocks of intermediate-silicic composition.



Рис. 4. Петрографический состав галек юрского конгломерата в т.н. 038 на утесе Скрипер.

Fig. 4. Petrographic composition of pebbles from a Jurassic conglomerate in site 038, Skriper cliff.

В районе пос. Листвянка обнажение конгломератов обнаружено на водоразделе падей Крестовая и Малая Черемшанка в 1 км 30 м от берега Байкала (координаты: 51.860082° с. ш., 104.873223° в. д.). Останец конгломератов составляет в плане несколько десятков метров и благодаря устойчивости пород образует стенку высотой 5–8 м. Гальки частично окатаны, частично – угловаты. Преобладает галька размером 5–8 см. Гальки и плотно сцементированный песчаный наполнитель имеют приблизительное соотношение 60:40 (рис. 5). Состав галек разнообразен. Среди них гальки эффузивных пород среднего-кислого состава составляют 5–10 %.



Рис. 5. Фотография фрагмента обнажения листвянских конгломератов.

Fig. 5. Photograph of an outcrop fragment of the Listvyanka conglomerate.

Стратиграфическое положение конгломератов

Конгломераты юго-восточной части юрского Иркутского бассейна отнесены М.М. Одинцовой и др. (1967) к байкальской свите и датированы в целом нижней-средней юрой. В.М. Скобло и др. (2001) толща конгломератов этой части бассейна (в предгорной части Ангаро-Котинской впадины) рассматривалась в составе прииркутской серии и расчленялась, по палеонтологическим данным, на три свиты (снизу вверх): дабатскую, тальцинскую и котовскую. На берегу Байкала наблюдались выходы только нижней подсвиты котовской свиты. Этот стратон датировался верхней частью ааленского яруса (174–170 млн лет).

Обнажения юрских осадочных отложений Больших Котов и Листвянки относятся к предгорной части Ангаро-Котинской впадины, в которой представлены конгломераты галечно-валунные, крупновалунные – в основном несортированной предгорной молассы. Эта часть разреза коррелируется с нижнекотовской подсвитой ааленского яруса средней юры центральной части Ангаро-Котинской впадины, в которой распространены конгломераты крупно-разногалечные, менее гравелиты, разнозернистые песчаники полимиктовые и полевошпатово-кварцевые, маломощные пропластки алевролитов, алевропсаммитовых туффитов и туфов кислого состава (50-60 м). Вышележащие отложения верхнекотовской подсвиты байосского яруса представлены только в центральной части Ангаро-Котинской впадины конгломератами разногалечными, песчаниками разнозернистыми, полимиктовыми и полевошпатовокварцевыми, прослоями алевропсаммитовых туффитов и туфов кислого состава (более 30 м). В предгорной части Ангаро-Котинской

впадины (на берегу Байкала) верхняя подсвита котовской свиты отсутствует (Скобло и др., 2001) (рис. 6).

Методика аналитических исследований

Аналитические исследования пород галек проводились в рамках работ совместной лаборатории инженерной и динамической геологии Иркутского государственного университета и Института земной коры СО РАН. Петрогенные оксиды определялись классическим методом химического анализа (Сизых, 1985). Микроэлементный состав определялся методом ИСП-МС с использованием массспектрометра Agilent 7500се (Ясныгина и др., 2015).

Группирование галек вулканических пород по петрогенным оксидам

Представительные составы галек приведены в табл. 1. Первичное группирование состава галек выполнено по содержаниям петрогенных оксидов с использованием факторного анализа (рис. 7). На факторной диаграмме векторов элементов (диаграмма 7а) основная изменчивость совокупности пород (первый фактор, вес 45.5 %) определяется возрастанием содержания SiO₂ и обратной корреляцией этого оксида с содержаниями других петрогенных оксидов. Менее выражена изменчивость (второй фактор, вес 20.1 %), обозначенная совместным возрастанием MgO, CaO, ППП, FeO, SiO₂, P₂O₅, MnO при обратной корреляции с этими оксидами К₂О, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ и Na₂O. Расчет по петрогенным оксидам большекотовских образцов (без листвянских) не вносит существенных изменений в характер факторов, что отражает большекотовских принадлежность И листвянских галек к единой генеральной совокупности обломочного материала.

ма	_		рнт	гноєис	Серия	Свита	Подсвита	Ангаро-Котинская межгорная впадина				
Систе	Отдег	Apyc	Гориз	Подго				Центральная часть	Предгорная часть			
O P C K A A	нижний средний	БАЙОС	й — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	ВЕРХНЕЧЕ- Ремховский УСТЬ-БАЛЕЙСКИЙ ИДАНСКИЙ СУХОВСКОЙ	КУТСКАЯ	КОТОВСКАЯ	Нижнекотовская Верхнекотовская	Конгломераты разногалечные, песчаники разнозернистые, полимиктовые и полево- шпатовые-кварцевые, прослои алевропсам- митовых туффитов и туфов кислого состава (более 30 м)				
		ЕН						Конгломераты крупно-разногалечные, менее гравелиты, разнозернистые песчаники поли- миктовые и полевошпатово-кварцевые, мало- мощные пропластки алевролитов, алевро- псаммитовых туффитов и туфов кислого состава (50-60 м)	Конгломераты галечно- валунные, крупновалунные (более 45 м)			
		ААЛ				ИНСКАЯ	Верхнетальцинская	До пяти трансгрессивных пролювиально- аллювиальных ритмов, в каждом - полимик- товые песчаники (от гравелистых до мелко- зернистых), прослои алевролитов и аргиллитов, часто углистых, маломощные пропластки алевропелитовых туффитов и туфов;в верхних ритмах - разногалечные конгломераты (50-100 м)	(Конгломераты средне- мелкогалечные, гравелиты, реже разнозернистые песчаники, туффиты, туфы (50 м)			
		ПЛИНСБАХ ТОАР	САЯНСКИІ			ТАЛЬЦ	Нижнетальцинская	Один трансгрессивный пролювиально-аллю- виальный ритм с преобладанием конгломератов от разногалечных до мелкогалечныхя; в верхней части - гравелиты, разнозернистые полимик- товые песчаники с прослоями алевролитов, аргиллитов (в т.ч. углистых), туфоалевро- псаммитов, пелитовых гуффитов и туфов (70-80 м)	Конгломераты валунно- галечные, выше - средне- малкогалечные, с линзами гравелитов, песчаников, туфопесчаников (80 м)			
			ПΡИ		ИИ	АЯ	Верхнедабатская	Четыре, пять трансгрессивных пролювиально- аллювиальных ритмов, каждый - от средне- мелкогалечных конгломератов к разнозернистым, песчаникам, полимиктовым и полево-шпатово- кварцевым, и далее - к алевролитам и аргилли- там с линзами углей (до 0,4 м) и пропластками псаммитоалевритовых и псаммитовых туффитов и туфов риолитов. ПК аналогичен усть-балей- скому, с «трипартиновым» горизонтом (до 80 м)	Конгломераты разногалеч- ные, валунно-галечные, в верхней части мелко- галечные, с линзами гравелитов, углей, туффитов, туфов кислого состава (80 м)			
			ховский		ремховский П Р	A B A T C K	Среднедабатская	До четырех трансгрессивных аллювиальных ритмов, каждый - от гравелитов либо разно- зернистых полимиктовых песчаников в основании к пойменно-озерным алевролитам и аргиллитам с линзами углей (0,1 - 0,3 м) и пропластками псаммитоалевритовых и пелитовых туффитов и туфов кислого состава; в нижнем ритме - конгломераты (120 м)	Конгломераты мелкогалеч- ные реже разногалечные, линзы гравелитов, песча- ников, углей, туффитов и туфов кислого состава (150 м)			
				HEPEM	НИЖНЕЧЕРЕ- РЕМХОВСКИЙ	РЕМХОВСКИЙ	Д	Нижнедабатская	До трех трансгрессивных горно-аллювиальных ритмов - конгломераты валунноразно-галечные, хлидолиты, песчаники, при участии в верхних ритмах алевролитов, аргиллитов (местами углистых); пропластки псаммито-алевритовых туффитов и туфов кислого состава (более 100 м	Брекчии, хлидолиты, пес- чаники полимиктовые (до 10 м)		
Подстилающие образования					раз	ован	ИЯ	PR ₁ -V				

Стратиграфия юры Ангаро-Котинской межгорной впадины

Рис. 6. Стратиграфическое положение конгломератов нижнекотовской подсвиты, обнажающейся на берегу Байкала, в схеме стратиграфии Ангаро-Котинской впадины (Скобло и др., 2001).

Fig. 6. Stratigraphic position of conglomerates of the Lower Koty subformation, which is exposed on the shore of Lake Baikal, in the stratigraphic scheme of the Angara-Koty depression (Skoblo et al., 2001).

Таблица 1

Представительные составы галек юрских конгломерато	В
--	---

Образец	BK-16-14	BK-16-21	BK-16-17	BK-16-16	BK-16-20	LS-18-6
Группа	1	2	3	4	5	6
SiO ₂ , mac. %	75.45	66.89	75.34	68.25	66.53	72.05
TiO ₂	0.15	0.76	0.27	0.68	0.76	0.51
Al ₂ O ₃	13.18	16.25	12.57	15.39	16.90	15.68
Fe ₂ O ₃	0.52	2.55	0.55	1.50	1.88	0.82
FeO	0.90	0.42	1.08	1.34	0.99	0.28
MnO	0.03	0.04	0.11	0.07	0.04	0.01
MgO	0.17	0.23	0.13	0.89	0.34	0.11
CaO	0.35	0.42	0.16	0.90	0.29	0.10
Na ₂ O	3.19	5.56	2.46	5.26	5.70	5.86
K ₂ O	5.50	5.67	6.02	4.18	5.71	4.11
P2O5	< НПО	0.08	< НПО	0.13	0.09	0.04
ППП	0.82	0.73	1.05	1.26	0.36	0.75
Сумма	100.26	99.61	99.73	99.85	99.59	100.32
Sc, мкг/г	4.1	6.8	6.5	11.0	6.6	3.7
Cu	38	9	9	21	12	6
Zn	67	74	65	81	73	24
Rb	165	202	167	85	185	145
Sr	94	22	31	255	36	13
Y	12	71	41	24	32	61
Zr	69	624	306	227	233	585
Nb	7	32	14	11	27	31
Cs	4.63	1.35	3.55	0.83	0.83	0.56
Ba	324	95	96	1288	65	132
La	43	110	52	47	59	103
Ce	82	257	110	93	114	234
Pr	8	27	13	10	13	24
Nd	26	97	46	37	46	83
Sm	4	17	9	6	9	14
Eu	0.4	1.7	1.0	1.5	1.0	1.4
Gd	3.0	14.6	7.8	5.3	7.5	11.7
Tb	0.4	2.0	1.1	0.7	1.0	1.9
Dy	2.3	12.5	6.6	4.2	5.9	11.1
Ho	0.4	2.5	1.4	0.8	1.1	2.2
Er	1.2	7.0	4.1	2.4	3.1	6.4
Tm	0.19	0.96	0.60	0.36	0.44	0.98
Yb	1.2	6.6	4.0	2.4	2.9	6.4
Lu	0.19	0.91	0.61	0.35	0.44	0.97
Hf	2.8	13.8	8.3	6.1	6.0	13.7
Та	1.0	2.4	1.0	0.7	2.1	2.0
Pb	28	38	20	22	30	60
Th	18	21	15	10	10	25
U	1.8	3.4	3.7	2.5	1.8	6.2
Cr	83.0	6.5	<6	8.1	6.5	20.4
Со	2.1	1.5	1.6	3.8	2.4	< 0.2
Ni	12	12	10	14	12	16
V	7	32	7	31	22	12

НПО – ниже предела обнаружения.

На факторной диаграмме проб галек (рис. 7б) положительными значениями первого фактора обозначилась группа листвянских галек (группа 6) и две группы большекотовских галек (группы 1 и 3). Большекотовская группа 1 включает 11 галек из 30 и рассматривается как преобладающая. Большекотовская группа 3 включает 4 гальки. По отрицательным значениям фактора 1 различаются еще 3 группы большекотовских галек. Группа 4 имеет положительные значения фактора 2, группы 2 и 5 – отрицательные. На классификационной диаграмме щелочи–кремнезем (рис. 8) и диаграмме (Na+K)/Al – SiO₂ (рис. 9) фигуративные поля группы листвянских галек и групп 1 и 3 большекотовских перекрываются между собой. Фигуративные поля групп 2, 4 и 5 большекотовских галек смещены относительно фигуративных полей групп 1, 3 большекотовских галек и группы листвянских галек с уменьшением содержания кремнезема. По низкому коэффициенту агпаитности все породы галек относятся к плюмазитовым.

Фигуративные точки песчаников из наполнителя листвянских конгломератов смещены относительно фигуративных полей галек конгломератов обоих рассматриваемых местонахождений. Песчаники имеют повышенное содержание SiO₂ и сравнительно низкое содержание суммы щелочей.



Рис. 7. Распределение факторных нагрузок для петрогенных оксидов большекотовских и листвянских галек (*a*) и результаты факторного анализа проб галек (*б*). Группы 1-5 – большекотоские, группа 6 – листвянская (см. текст). Принимается группирование галек по петрогенным оксидам и микроэлементам всей совокупности диаграмм, приведенных в работе. Вместе с данными по галькам на диаграмме показаны вектора проб песчаников наполнителя листвянских конгломератов (обозначение П). Штрих-пунктирной линией проводится разделение пород на группы 1, 3 и 6 (холодные тона значков и фигуративных полей: зеленый, синий и голубой) и 2, 4 и 6 (горячие и теплые тона: красный, оранжевый, коричневый и фиолетовый). Расчеты выполнены в программе STATISTICA, версия 12, по методу главных компонентов без ротации.

Fig. 7. Distribution of factor loadings for major oxides of Bolshiye Koty and Listvyanka pebbles (*a*) and factor scores of pebble samples (*b*) on the diagrams. Groups 1–5 are from Bolshiye Koty, group 6 is from Listvyanka (see text). The grouping of pebbles according to major oxides and trace elements of the entire set of diagrams given in the work is accepted. Together with data on pebbles, the diagram shows vectors of sandstone samples from the filler of the Listvyanka conglomerates (designation Π). The dash-dotted line divides rocks breeds into groups 1, 3, and 6 (cold tones of icons and data fields: green, blue and cyan) and 2, 4, and 6 (hot and warm tones: red, orange, brown, and purple). Calculations were performed in the STATISTICA program, version 12, using a method of principal components without rotation.



Рис. 8. Распределение групп галек на классификационной диаграмме щелочи–кремнезем. Для построения этой диаграммы содержание оксидов приведено к 100 мас. %. Условные обозначения и разделение на группы такие же, как на факторной диаграмме рис. *76*.

Fig. 8. Distribution of pebble groups on the alkali–silica classification diagram. Content of oxides is recalculated to 100 wt. %. Symbols and division into groups are the same as in the factor diagram of Fig. 76.



Рис. 9. Распределение групп галек на диаграмме (Na+K)/Al – SiO₂. Отношение (Na+K)/Al (коэффициент агпаитности) рассчитано в атомных количествах. Условные обозначения и разделение на группы такие же, как на факторной диаграмме рис. 76.

Fig. 9. Distribution of pebble groups on the diagram (Na+K)/Al vs SiO₂. The ratio (Na+K)/Al (agpaitic coefficient) was calculated in atomic quantities. Symbols and division into groups are the same as in the factor diagram of Fig. 7δ .

Группирование галек вулканических пород по микроэлементам

Факторным анализом по микроэлементам (рис. 10) получено группирование состава галек, сходное с группированием по петрогенным оксидам. На диаграмме факторных нагрузок для микроэлементов (рис. 7а) основная изменчивость совокупности пород (первый фактор, вес 55.8 %) определяется положительной корреляцией Ва, Sr, Cs и V при отрицательной корреляции их с редкоземельными элементами (РЗЭ) и другими микроэлементами. Менее выражена изменчивость (второй фактор, вес 16.2 %), обозначенная корреляцией между Cs, V, Th, Rb при отрицательной корреляции их с Eu, Cr, Ga, Ba, Sr и легкими РЗЭ (La, Ce, Sm и Nd).

На рис. 11 близкие по составу группы 1, 3 и 6 смещены относительно групп 2, 4 и 5 в левую верхнюю часть дискриминационной диаграммы гранитов (K₂O+Na₂O)/CaO. Группы 1 и 4 занимают поле орогенных гранитов (FG и OGT), группы 2, 3 и 6 – поле анорогенных гранитов (А-типа).



Рис. 10. Распределение векторов микроэлементов большекотовских галек (*a*) и векторов проб групп галек (*б*) на диаграммах первого и второго факторов. Условные обозначения и разделение на группы такие же, как на факторной диаграмме рис. 7*б*.

Fig. 10. Distribution of vectors of trace elements of Bolshiye Kotv pebbles (*a*) and vectors of samples of pebble groups (*b*) on the diagrams of the first and second factors. Symbols and division into groups are the same as in the factor diagram of Fig. 76.



Рис. 11. Распределение групп галек на дискриминационной диаграмме гранитов (K₂O+Na₂O/CaO – Zr+Nb+Ce+Y (Whalen et al., 1987). Условные обозначения и разделение на группы такие же, как на факторной диаграмме рис. 76. FG – фракционированные фельзические граниты, OGT – нефракционированные граниты M, S и I типа (орогенные граниты).

Fig. 11. Distribution of pebble groups on the discrimination diagram of granites (K_2O+Na_2O/CaO vs Zr+Nb+Ce+Y (Whalen et al., 1987). Symbols and division into groups are the same as in the factorial diagram in Fig. 76. FG – fractionated felsic granites, OGT – unfractionated M, S and I type granites (orogenic granites).

Петрографическая характеристика выделенных групп галек

Петрографически группы галек не различаются между собой. В шлифах наблюдается тонкозернистая основная масса кварц-полевошпатового состава с рассеянным рудным минералом, в которую погружены хорошо оформленные, часто шестоватые фенокристаллы олигоклаз-альбитового состава и калиевого полевого шпата (рис. 12). Темноцветные железо-магнезиальные силикатные минералы представлены редкими зернами биотита. Преобладает тонкозернистая основная масса (фотографии ж–м), но встречаются также образцы с хорошо раскристаллизованной основной массой (фотографии а–б). В последнем случае можно видеть изометричные зерна кварца, полевого шпата, рудного минерала и мельчайшие слабо индивидуализированные темноцветные минералы.





Рис. 12. Представительные фотографии шлифов пород групп галек: первой, обр. ВК-16-2 (*a*, *б*); второй, обр. ВК-16-1 (*в*, *г*); третьей, обр. ВК-16-12 (*д*, *e*); четвертой, обр. ВК-16-24 (*ж*, *з*); пятой, обр. ВК-16-20 (*u*, *к*); шестой, обр. LS-13-2 (*л*, *м*). Фотографии слева сделаны в проходящем свете с параллельными николями, фотографии справа – в поляризованном свете.

Fig. 12. Representative photographs of thin sections of pebble rock groups: first, BK-16-2 (a, δ); second, BK-16-1 (e, z); third, BK-16-12 (∂ , e); fourth, BK-16-24 (\mathcal{H} , 3); fifth, BK-16-20 (u, κ); sixth, LS-13-2 (π , M). Photographs on the left were taken in transmitted light with parallel nicols, those on the right – in polarized light.

Сопоставления

Гальки конгломератов Ангаро-Котинской впадины (включая обнажения берега Байкала) и верхнепалеозойские нижнемезозойские породы Забайкалья

Для определения вероятного источника обломочного материала юрских конгломератов проводилось изучение петрографического состава галек из разных диапазонов стратиграфического разреза юго-восточной части Иркутского бассейна (Семейкина, 1980). Для 600 галек из нижней (дабатской, по В.М. Скобло и др. (2001)) свиты выявлено ведущее значение щелочных разновидностей эффузивов. В базальных слоях свиты отмечено преобладание галек трахитов, трахириолитовых порфиров и ортофиров. Выше по разрезу в той же свите в гальках установлены андезитоидные дацитовые порфиры, а затем – риолитовые порфиры, андезитоидные дацитовые порфиры, трахитовые и трахириолитовые порфиры. В вышележащих присаянской (тальцинской) и котовской свитах отмечено снижение количества галек эффузивов и изменение состава галек гранитоидов от преимущественно калиевых разновидностей в основании дабатской свиты до доминирования плагиогранитов в верхних частях разреза. На основе представленного петрографического описания галек предполагалось происхождение обломочного материала щелочных вулканитов из верхнепалеозойских?-нижнемезозойских свит вулканотектонических структур Западного Забайкалья.

На территории Забайкалья в позднем палеозое образовался Ангаро-Витимский гранитный батолит и более поздние интрузивные комплексы пород, включая вулкано-плутонические аналоги этих комплексов. В возрастном интервале 330-275 млн лет выделяется пять интрузивных комплексов. Высококалиевые известково-щелочные граниты возрастного интервала 330-310 млн лет относятся к Ангаро-Витимскому батолиту (баргузинский комплекс). Более молодые комплексы рассматриваются как пост-батолитовые: интервал 305-285 млн лет - известковощелочные гранитоиды (кварцевые MOHцониты и гранодиориты чивыркуйского комплекса) и переходные от известково-щелочных к субщелочным (граниты и кварцевые сиениты зазинского комплекса); интервал 285-278 млн лет - шошонитовая серия (массивы сиенитов, монцонитов, обогащенных калием габброидов нижнеселенгинского комплекса); интервал 281–278 млн лет – щелочные и щелочно-полевошпатовые гранитоиды (сиениты и граниты раннекуналейского комплекса). Смена высококалиевых известково-щелочных пород породами шошонитовой серии и щелочно-сиенит-гранитного состава связывается с проявлением различных обстановок: постколлизионной (330–310 млн лет назад), переходной (305–285 млн лет назад) и внутриплитной (285–275 млн лет назад) (Цыганков и др., 2010; Litvinovsky et al., 2011, 2017).

Калиевые известково-щелочные породы возрастного интервала 325–313 млн лет имеют низкое отношение (Na+K)/Al (0.7– 0.8). В породах возрастного интервала 300– 290 млн лет отношение (Na+K)/Al слегка возрастает (0.76–0.91), а в породах возрастом около 280 млн лет возрастает резко (до 1.2) с переходом от плюмазитовых составов к агпаитовым. Плюмазит-агпаитовые породы определяются также в триасовом магматическом комплексе возрастом 210 млн лет. Плюмазитагпаитовые породы возрастом 230–220 млн лет имеются сиенитовый состав (рис. 13).



Рис. 13. Диаграмма (Na+K)/Al – SiO₂ для сопоставления состава галек конгломератов верхнекотовской подсвиты северо-западного побережья Байкала с составом верхнепалеозойских-нижнемезозойских магматических комплексов Забайкалья. Для галек показаны фигуративные поля рис. 9. Разновозрастные магматические комплексы представлены точками составов, обозначенных разными значками, и выделены в фигуративные поля 1–7. Использованы данные (Литвиновский, Занвилевич, 1998; Кузьмин и др., 1999; Посохов и др., 2005; Шадаев и др., 2005; Jahn et al., 2009; Цыганков и др., 2010; Reichow et al., 2010).

Fig. 13. Diagram $(Na+K)/Al - SiO_2$ for comparison of pebble compositions of conglomerates from the Upper KotY subformation in the northwestern coast of the Baikal with compositions of Upper Paleozoic of the Lower Mesozoic magmatic complexes from Transbaikalia. Shown for pebbles are the data fields of Fig. 9. Igneous complexes of different ages are represented by data points marked with different symbols and are divided into data fields 1–7. Data used are from (Litvinovsky and Zanvilevich, 1998; Kuzmin et al., 1999; Posokhov et al., 2005; Shadayev et al., 2005; Jahn et al., 2009; Tsygankov et al., 2010; Reichow et al., 2010).

По пониженному отношению (Na+K)/Al гальки конгломератов верхнекотовской подсвиты северо-западного берега Байкала частично сопоставляются с известково-щелочными гранитами баргузинского комплекса, слагающего Ангаро-Витимский батолит, и постбатолитовыми (переходными от известково-щелочных к субщелочным) гранитами и кварцевыми сиенитами зазинского комплекса, но явно отличаются от более молодых постбатолитовых магматических пород верхнего палеозоя и нижнего мезозоя Забайкалья, для которых характерно повышенное отношение (Na+K)/Al. Таким образом, галька щелочных вулканитов из верхнепалеозойских?-нижнемезозойских свит вулканотектонических структур Западного Забайкалья может присутствовать в нижней и средней частях разреза Ангаро-Котинской впадины, но отсутствует в верхнекотовской подсвите.

Гальки конгломератов в обнажениях берега Байкала и породы цаган-хунтейской серии Забайкалья?

В районе пос. Большие Коты упоминались конгломераты с примечательной особенностью - наличием в них обломков «мезозойских эффузивов цаган-хунтейской серии, принесенных сюда из Забайкалья» (Русенек и др., 2009). Это утверждение звучало как вывод, сделанный авторами на основе аналитической сравнительной работы, но конкретные данные, которые свидетельствовали бы в пользу происхождения обломочного материала за счет разрушения именно эффузивов цаган-хунтейского стратона в работе отсутствовали. Утверждение звучало как новое и воспринималось в качестве исходной информации о вероятном источнике юрских конгломератах, обнажающихся на берегу Байкала, поэтому вошло в учебное пособие по полевой геологической практике (Коваленко, 2016).

Вулканические толщи цаган-хунтейской свиты (Салоп, 1964) датируются верхним

триасом (236-205 млн лет) и считаются вулканическим аналогом щелочных гранитов и сиенитов мало-куналейского интрузивного комплекса. В строении цаган-хунтейской свиты принимают участие трахириолиты, комендиты, трахиты, субщелочные андезиты и андезибазальты. Мощность свиты составляет 800-1000 м. Вулканические породы цаганхунтейской свиты распространены на хребте Цаган-Хуртей. Западее этого хребта они залегают в основании разреза вулканогенно-осадочных отложений мезозойских впадин. Породы кислого состава свиты тяготеют к верхним частям разрезов, а также слагают небольшие штоки, дайки и жилы среди пород основного состава (Кузьмин и др., 1999; Андрющенко, 2010). Для цаган-хунтейской свиты в стратотипе характерны комендиты – темно сиреневые, лиловые тонкозернистые породы порфировой и гломеропорфировой структуры. Вкрапленники пород представлены идиоморфными зернами калиевого полевого шпата, кварца, арфведсонита и эгирина. Основная масса пород сложена теми же минералами, что и фенокристаллы, однако среди фемических минералов основной массы, как преобладает эгирин (Кузьмин, правило, 2001).

Полученные в настоящей работе данные свидетельствуют об отсутствии в составе обломочного материала нижнекотовской подсвиты, обнаженной на берегу Байкала, пород, которые можно было бы в петрографическом или петрохимическом отношении сопоставить с породами цаган-хунтейской свиты.

Гальки конгломератов в обнажениях берега Байкала и породы среднеюрских и средне-верхнеюрских вулкано-плутонических комплексов

Мезозойские вулканоплутонические комплексы в Забайкалье характеризуются широким диапазоном К–Аг датировок (от 237 до 96 млн лет) и широким спектром состава пород от трахибазальтов до комендитов (Рассказов и др., 1992; Рассказов, 1993). Плюмазитовый состав галек сопоставляется с составом пород среднего-кислого состава латитовой (шошонит-латитовой) серии Забайкалья (рис. 14), которая датируется в целом мезозоем (Таусон и др., 1984). Эта серия представлена в вулканоплутонических комплексах среднеюрского и верхнеюрского возраста.



Рис. 14. Соотношение пород галек берега Байкала с породами латитовой серии Забайкалья на диаграмме (Na+K)/Al – SiO₂. Отношение (Na+K)/Al (коэффициент агпаитности) рассчитывается в атомных количествах. Подразделение на группы см. рис. 76. Серые кружки обозначают породы латитовой серии, тренд которой ограничен красными линиями (Таусон и др., 1984).

Fig. 14. Correlation of pebble rocks from the Baikal coast with rocks of latite series from Transbaikalia on the diagram $(Na+K)/Al vs SiO_2$. The ratio (Na+K)/Al (agpaitic coefficient) is calculated in atomic quantities. Subdivision into groups see Fig. 76. Gray circles indicate rocks of latite series, the trend of which is limited by red lines after (Tauson et al., 1984).

Обсуждение

Почему в верхнекотовской подсвите находятся гальки кислого-среднего состава и отсутствуют гальки основного состава?

Породы кислого-среднего состава повсеместно распространены на вулканических полях Забайкалья вместе с породами основного состава. Существует вероятность того, что трахибазальтовый состав могут иметь гальки обнажения утеса Скрипер, условно названные «долеритами». Но в любом случае, даже если они присутствуют, то играют резко подчиненную роль по отношению к галькам трахидацит-риолитового состава. Почему обломочного материала юрских среди

конгломератов Ангаро-Котинской впадины находятся гальки кислого-среднего состава?

Одно объяснение заключается в предположении о размыве неизвестного вулканоплутонического комплекса, сложенного исключительно породами кислого-среднего состава и расположенного недалеко от обнажений верхнекотовской подсвиты. Другое – в предположении сепарации обломков в процессе их транспортировки. Обломки дифференцируются по размерам и по плотности. Взвешенные частицы перемещаются в верхней части водного потока, песчинки – сальтацией, плоская галька – волочением, округлая галька – перекатыванием (рис. 15). В то же время, легкий обломочный материал среднего-кислого состава отделяется от более тяжелого обломочного материала основногосреднего состава и, возможно, переносится на большее расстояние (рис. 16). В масштабе реки работает механизм разделения легкой и тяжелой обломочных фракций промывочного лотка.

Песчаный наполнитель конгломератов, отобранных в юго-восточной части Иркутского бассейна и Забайкалье, не различается по химическому составу (Akulov et al., 2020). Чтобы получить различие состава песчаного материала, его источник в верхнем течении реки должен заметно различаться с источником в ее нижнем течении. Обломочный материал галек конгломератов берега Байкала имеет индивидуальные характеристики состава, по которым источник материала может действительно идентифицироваться.



Донный аллювий







Рис. 16. Варианты накопления предгорного валунно-галечного аллювия с галькой трахидацитриолитового состава за счет разрушения вулканоплутонической постройки, сложенной трахидацитами и риолитами (*a*) и породами шошонит-латитовой серии с конечным членом, представленным трахидацитами и риолитами (δ).

Fig. 16. Patterns of accumulation of piedmont boulder-pebble alluvium with trachydacite-rhyolite pebbles due to the destruction of a volcanoplutonic structure composed of trachydacites and rhyolites (a) and rocks of the shoshonite-latite series with the end member represented by trachydacites and rhyolites (δ).

Вероятные источники обломочного материала в Ангаро-Котинской впадине средней и значительной удаленности

Обломочный материал мог переноситься из Забайкалья в южную часть Иркутского бассейна в ранней и средней юре. Мелкая хорошо окатанная галька (2 и 3 классы окатанности по шкале А.В. Хабакова) могла поступать в Ангаро-Котинскую впадину в результате транспортировки на значительное расстояние. Установленное сходство состава галек котовской свиты с составом пород латитовой серии, которая формировала вулканоплутонические комплексы Забайкалья в мезозое и, в том числе, в среднеюрское время, свидетельствует об их источнике, отличающемся от источника галек более древней дабатской свиты, в которой находятся щелочные разновидности эффузивов. В отличие от верхней части разреза Ангаро-Котинской впадины, нижняя формировалась за счет разрушения эффузивов триасового цаган-хунтейского стратона или более древних вулканоплутонических комплексов верхнего палеозоя.

На схеме распространения среднеюрских и средне-верхнеюрских вулканических, вулканогенно-осадочных и осадочных пород Забайкалья породы кислого состава ассоциируются с породами среднего и основного состава и образуют обособленные поля. Источником обломочного материала могли служить вулканоплутонические комплексы ближней зоны (шовной зоны Сибирского палеоконтинента, скрытой под осадочными отложениями оз. Байкал), средней зоны – Удино-Витимской подзоны Селенгино-Витимской структурно-формационной зоны (Джида-Витимской зоны разломов) либо более удаленные вулканоплутонические комплексы Хэнтэй-Даурского поднятия или других структурно-формационных зон территории (Монголо-Охотской шовной зоны) (рис. 17).

Среди комплексов среднеюрского возраста (интервал 174-164 млн лет) значение вероятных источников обломочного материала имеют только наиболее древние из них. Принимая ааленский возраст конгломератов берега Байкала (174-170 млн лет), определяются потенциальные вулканоплутонические комплексы этого же возраста, которые могли разрушаться и давать обломочный материал. Более молодые комплексы средне-верхнеюрского возраста в качестве таких источников не рассматриваются. Тем более не могут рассматриваться породы, образовавшиеся в позднеюрский этап (159-155 млн лет). Например, в это время образовалось Хамбинское вулканическое поле, которое представлено серией лавовых покровов и экструзивных тел, сложенных дифференцированной субщелочной базальт-трахиандезит-трахириолит-комендитовой ассоциацией (Андрющенко, 2010). Это поле моложе конгломератов, поэтому не могло быть источником галек.



Рис. 17. Схематичная карта распространения среднеюрских и средне-верхнеюрских вулканических, вулканогенно-осадочных и осадочных пород Забайкалья (составлена А.Н. Занвилевич, Б.А. Литвиновским и М. Шадаевым в 1992 г. и дополнена авторами в связи с решением задачи о происхождении юрского обломочного материала Ангаро-Котинской впадины).

1–3 – среднеюрский этап: 1 – вулканические породы преимущественно основного состава, с резко подчиненным количеством трахитов и риолитов; 2 – вулканические породы среднего состава, преимущественно андезиты; 3 – вулканические породы кислого состава; 4 и 5 – средне-верхнеюрский этап: 4 – вулканические породы основного и среднего состава, 5 – вулканические породы кислого состава; 6 – юрские осадочные и вулканогенно-осадочные породы (J₁₋₂, J₂₋₃); 7–9 – границы структурных подразделений поднятий (7), структурно-формационных зон (8) и подзон (9); 10 – Монголо-Охотская шовная зона (МОШЗ), Джида-Витимская зона разломов (ДВЗР) и шовная зона Сибирского палеоконтинента (ШЗСПК); 11–13 – вероятный перенос трахидацит-риолитового обломочного материала среднеюрских вулканоплутонических комплексов: ближний (11), средний (12), дальний (13). Структурно-формационные единицы; I – Байкальская горная область; 1а – Становое поднятие; II – Селенгино-Витимская структурно-формационная зона (подзоны: II.I – Западно-Забайкальская, II.2 – Удино-Витимская, II.3 – Хилокская, II.4 – Пришилкинская); III – Хэнтэй-Даурское поднятие; IV – Онон-Туринская структурно-формационная зона; V – Прикеруленское поднятие; VI – Восточно-Забайкальская структурно-формационная зона (подзоны: VI.I – Центральная, VI.2 – Приаргунская).

Fig. 17. Sketch map of distribution of the Middle Jurassic and Middle-Upper Jurassic volcanic, volcanicsedimentary, and sedimentary rocks in Transbaikalia (compiled by A.N. Zanvilevich, B.A. Litvinovsky, and M. Shadayev in 1992 and supplemented by the authors in connection with the solution of the problem on the origin of the Jurassic clastic material from the Angara-Koty depression).

1-3 – Middle Jurassic stage: 1 – volcanic rocks of predominantly mafic composition, with a sharply subordinate amount of trachytes and rhyolites; 2 – volcanic rocks of intermediate composition, predominantly andesites; 3 – volcanic rocks of acidic composition; 4 and 5 – Middle-Upper Jurassic stage: 4 – basic and intermediate volcanic rocks, 5 – felsic volcanic rocks; 6 – Jurassic sedimentary and volcano-sedimentary rocks (J₁₋₂, J₂₋₃); 7–9 – boundaries of structural subdivisions of uplifts (7), structural-formational zones (8) and subzones (9); 10 – Mongolian-Okhotsk suture zone (MOIII3), Dzhida-Vitim fault zone (ДВЗР), and suture zone of the Siberian paleocontinent (III3CIIK); 11–13 – probable transport of trachydacite-rhyolite clastic material of the Middle Jurassic volcanoplutonic complexes: nearest (11), middle (12), far (13). Structural-formational units; I – Baikal mountain region; 1a – Stanovoy uplift; II – Selenga-Vitim structural-formational zone (subzones: II.I – West-Transbaikalian, II.2 – Uda-Vitim, II.3 – Khilok, II.4 – Sisshilka); III – Hentei-Dauria uplift; IV – Onon-Tura structural-formational zone; V – Siskerulen uplift; VI – East Transbaikalian structural-formational zone (subzones: VI.I – Central, VI.2 – Sisargun).

Вероятные ближние источники трахидацит-риолитовых галек

Признаки мезозойского магматизма в шовной зоне Сибирского палеоконтинента известны на о. Ушканьем в виде даек авгититов (Ескин, 1958; Ескин и др., 1978), для которых получена К–Аг датировка 144 млн лет (Багдасарян и др., 1983). В качестве наиболее молодых магматических образований в Приольхонье рассматриваются дайки камптонитов (Котов и др., 2007). Разумеется, не исключена и другая мезозойская магматическая активность в шовной зоне Сибирского палеоконтинента, в том числе, образование вулканоплутонических комплексов среднегокислого состава.

В качестве источника обломочного галечно-валунного материала, слагающего мыс Скрипер, мог служить неизвестный (скрытый под осадочными отложениями оз. Байкал) вулканоплутонический комплекс, образовавшийся в средней юре. На месте будущего Южного Байкала могло существовать среднеюрское вулканическое сооружение, при разрушении которого галечно-валунный материал скапливался в непосредственной близости от источника.

Заключение

Ограниченность плюмазитовыми составами трахидацит-риолитовых галек нижнекотовской подсвиты, обнаженной на берегу Байкала, исключает вероятность их происхождения за счет размыва пород верхнего палеозоя и нижнего мезозоя территории Забайкалья, среди которых существенную роль играют агпаитовые разности. Широкое распространение среднеюрских трахидацит-риолитовых вулканоплутонических комплексов на территории Забайкалья не способствует однозначному решению вопроса об источнике трахидацит-риолитовых галек.

В качестве вероятных источников допускаются вулканоплутонические комплексы среднеюрского возраста, расположенные вблизи обнажений нижнекотовской подсвиты и удаленные от них на расстояние 250-500 км и дальше. В случае ближнего источника, галечный материал не мог подвергаться плотностной сепарации, поэтому разрушенный эрозией среднеюрский вулканоплутонический комплекс должен был состоять из пород среднего-кислого состава. В случае удаленного источника, плотностная дифференциация в речном потоке обеспечивала задержку трахибазальтовых галек и продвижение трахидацит-риолитовых галек в предгорную часть Ангаро-Котинской впадины.

Нерешенные вопросы

В дискуссии о риолит-дацитовых гальках в обнажениях берега Байкала допускается существование их ближнего источника - среднеюрского вулканоплутонического комплекса, погребенного под кайнозойскими осадочными отложениями Южно-Байкальской впадины. Если в средней юре такой вулканоплутонического комплекс подвергался эрозии, его возвышение в рельефе повлекло за собой распространение обломочного риолит-трахидацитового материала не только в сопредельную (предгорную) часть Ангаро-Котинской впадины, но и на сопредельные территории будущей кайнозойской Южно-Байкальской впадины, а также Забайкалья (рис. 18). Для идентификации вероятного среднеюрского вулканоплутонического комплекса, скрытого под кайнозойскими осадочными отложениями, необходимо проведение специальных геофизических исследований в акватории Байкала и дополнительных работ по определению состава галек в юрских отложениях южного побережья Байкала.



Рис. 18. Предполагаемое распределение обломочного материала (красные стрелки в эллипсе) от неизвестного среднеюрского вулканоплутонического комплекса, скрытого под кайнозойскими осадочными отложениями Южно-Байкальской впадины. Модифицирован фрагмент схемы рис. 17.

Fig. 18. Possible distribution of clastic material (red arrows in ellipse) from an unknown Middle Jurassic volcanoplutonic complex hidden under the Cenozoic sedimentary deposits of the South Baikal Basin. Modified is a fragment of the scheme in Fig. 17.

В осадочных толщах юрского Иркутского угленосного бассейна фрагментарно встречаются туфы кислого состава (Скобло и др., 2001). Пирокластический материал мог поступать в осадки бассейна от вулканов, извергавшихся в средней юре в Забайкалье. Но вулканы могли извергаться и на Сибирской платформе. Изучение состава пирокластического материала из разрезов осадочных толщ в сопоставлении с составом галек большекотовских и листвянских конгломератов, представленном в настоящей работе, может способствовать пониманию специфики источников среднеюрских риолит-трахидацитовых вулканических извержений в пределах платформы и за ее пределами.

Наконец, в конгломератах утеса Скрипер находятся слабо раскристаллизованные породы, условно отнесенные к «долеритам» (см. рис. 4). Какие-либо данные о химическом и петрографическом составе «долеритов» в настоящее время отсутствуют, следовательно, их происхождение пока не может обсуждаться. Изучение этой группы пород может принести новую информацию о происхождении обломочного материала нижнекотовской подсвиты.

Благодарности

Для измерений микроэлементов использовался масс-спектрометр Agilent 7500се ЦКП «Ультрамикроанализ» Лимнологического института СО РАН, г. Иркутск (измерения А.П. Чебыкина). Петрогенные оксиды пород определялись химиками-аналитиками Г.В. Бондаревой и М.М. Самойленко, микроэлементы – М.Е. Марковой в ИЗК СО РАН. Авторами решалась образовательная задача подготовки статьи от постановки цели и задач исследования, отбора образцов из обнажений с участием студентов на учебной практике через выполнение аналитических работ и осмысливания полученных данных до подготовки и оформления коллективной статьи в рамках проведения магистерского курса 2022 г. «Подготовка, оформление и представление научно-исследовательских результатов И научно-производственных работ».

Литература

Андрющенко С.В. Геология и геохимия позднемезозойских магматических ассоциаций Хамбинской вулкано-тектонической структуры (Западное Забайкалье). Автореферат дис. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 2010. 22 с.

Багдасарян Г.П., Поляков А.И., Рощина И.А. Возраст и химический состав мезозойско-кайнозойских базальтов Прибайкалья // Геохимия. 1983. № 1. С. 102–108.

Данилович В.Н. Новые данные об Ангарском надвиге // Известия Академии наук. Серия геол. 1949. № 4. С. 69–77.

Данилович В.Н. Аркогенный тип надвигов // Геология и геофизика. 1963. № 2. С. 3– 11.

Замараев С.М., Самсонов В.В. Геологическое строение и нефтегазоносность Селенгинской депрессии // Геология и нефтегазоносность Восточной Сибири. М.: Госпотехиздат, 1959. С. 465–474.

Замараев С.М., Сизых В.И., Мешалкин С.И., Новокшонов Ю.А. Особенности строения Ангарского надвига // Геология и геофизика. 1983. № 5. С. 126–129.

Ескин А.С. Биотитовые авгититы Ушканьих островов (озера Байкал) // ДАН СССР. 1958. Т. 122, № 6. С. 1098–1099.

Ескин А.С., Бухаров А.А., Зорин Ю.А. Кайнозойский магматизм на Байкале // ДАН СССР. 1978. Т. 239, № 4. С. 926–929.

Коваленко С.Н. Учебная полевая практика по геологической съемке на Байкале: учебное пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2016. 183 с.

Короновский Н.В., Брянцева Г.В. Общая геология в рисунках и фотографиях. Учебнометодическое пособие. 2-е издание. М.: Геокарт-геос. 2013. 398 с.

Котов А.Б., Лавренчук А.В. и др. Камптониты Приольхонья (Западное Прибайкалье). – В кн.: Ультробазит-базитовые комплексы складчатых областей. Мат-лы международ. Конф. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. С. 51–54.

Кузьмин Д.В. Условия образования и кристаллизации кислых магм А-типа Западного Забайкалья по включениям в минералах. Автореф. дисс. канд. геол-мин. наук, Улан-Удэ, БурГин СО РАН, 2001. 20 с.

Кузьмин Д.В., Чупин В.П., Литвиновский Б.А. Температуры и составы магм трахибазальт-комендитовой ассоциации хребта Цаган-Хуртей, Западное Забайкалье (по включениям в минералах). // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 1. С. 62–72.

Литвиновский Б.А., Занвилевич А.Н. Направленность изменения химических составов гранитоидных и основных магм в процессе эволюции Монголо-Забайкальского подвижного пояса // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 2. С. 157–177.

Одинцова М.М., Гутова Л.Н., Богдашева Л.И. Стратиграфия // Юрские континентальные отложения юга Сибирской платформы. М.: Наука, 1967. С. 19–118.

Посохов В.Ф., Шадаев М.Г. Литвиновский Б.А. Занвилевич А.Н. Хубанов В.Б. Rb-Sr возраст и последовательность формирования гранитоидов Хоринской вулкано-плутонической структуры Монголо-Забайкальского пояса // Геология и геофизика, 2005, т. 46, № 6. С. 625–632. Рассказов С.В. Магматизм Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1993. 288 с.

Рассказов С.В., Батырмурзаев А.С., Магомедов Ш.А. Пространственно совмещенный мезозойский и кайнозойский вулканизм бассейна р. Джида (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. 1992. 4. С. 30–37.

Русинек О.Т., Уфимцев Г.Ф., Фиалков В.А. Байкальский ход (научная экскурсия по Байкалу). Новосибирск: Гео, 2009. 187 с.

Салоп Л.И. Геология Байкальской горной области. Т. 1. Стратиграфия. М.: Недра, 1964. 616 с.

Семейкина Л. К. Петрографический состав галек конгломератов и расчленение юрских грубообломочных отложений в юго-восточной части Иркутского угленосного бассейна // Проблема возраста геологических образований юга Восточной Сибири и пути ее решения с целью создания легенд к гос. геол. картам (тез. докл.). ВостСибНИИГГиМС. Иркутск. 1980. С. 130–131.

Сизых Ю.И. Общая схема химического анализа горных пород и минералов. Отчет. Институт земной коры СО АН СССР. Иркутск, 1985. 50 с.

Скобло В.М., Лямина Н.А., Руднев А.Ф., Лузина И.В. Континентальный верхний мезозой Прибайкалья и Забайкалья (стратиграфия, условия осадконакопления, корреляции). Изд-во СО РАН, 2001. 332 с.

Таусон Л.В., Антипин В.С., Захаров М.Н., Зубков В.С. Геохимия мезозойских латитов Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1984. 215 с.

Флоренсов Н.А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья / Труды Вост.-Сиб. фил. СО АН СССР. Вып. 19. Серия геол. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 258 с.

Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М. и др. Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U– Рb изотопного датирования) // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 9. С. 1249–1276. Шадаев М.Г., Хубанов В.Б., Посохов В.Ф. Новые данные о Rb-Sr возрасте дайковых поясов в Западном Забайкалье // Геология и геофизика. 2005. Т. 46, № 7. С. 723–730.

Ясныгина Т.А., Маркова М.Е., Рассказов С.В., Пахомова Н.Н. Определение редкоземельных элементов, Ү, Zr, Nb, Hf, Ta, Ti в стандартных образцах серии ДВ методом ИСП-МС // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81, № 2. С. 10–20.

Akulov N.I., Melnikov A.I., Shtelmakh S.I., Akulova V.V., Hearn P.P. A geochemical and lithological correlation of lower Jurassic conglomerates in the area surrounding the Lake Baikal rift zone: an improved reconstruction of the region's palaeogeographic and tectonic evolution // International Geology Review, 2021. V. 64, No. 1. P. 1–16, DOI: 10.1080/00206814.2020.1836683.

Jahn B.M., Litvinovsky B.A., Zanvilevich A.N., Reichow M. Peralkaline granitoid magmatism in the Mongolian-Transbaikalian Belt: Evolution, petrogenesis and tectonic significance // Lithos. 2009. V. 113. P. 521–539.

Олиферовский Рувим Владимирович,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, магистрант второго курса, тел.: 89086449916, email: olif2018@yandex.ru. Oliferovskiy Ruvim Vladimirovich, 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, undergraduate student of the second course, tel.: 89086449916, email: olif2018@yandex.ru.

Седунова Елизавета Андреевна,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, магистрант второго курса, тел.: 89149559277, email: liza.sedunowa2017@yandex.ru. Sedunova Elizaveta Andreevna, 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, undergraduate student of the second course, Litvinovsky B.A., Tsygankov A.A., Jahn B.M. et al. Origin and evolution of overlapping calc-alkaline and alkaline magmas: The Late Palaeozoic post-collisional igneous province of Transbaikalia (Russia) // Lithos. 2011. V. 125. P. 845–874. doi:10.1016/j.lithos.2011.04.007.

Litvinovsky B.A., Zanvilevich A.N., Wickham S.M. et al. Composite dikes in four successive granitoid suites from Transbaikalia, Russia: The effect of silicic and mafic magma interaction on the chemical features of granitoids // J. Asian Earth Sciences. 2017. V. 136. P. 16–39. http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2016.12.037.

Reichow M.K., Litvinovsky B.A., Saunders A.D. Multi-stage emplacement of alkaline and peralkaline syenite-granite suites in the Mongolian-Transbaikalian Belt, Russia: Evidence from U-Pb geochronology and whole rock geochemistry // Chemical Geology. 2010. V. 273. P. 120-135.

Whalen J.B., Currie K.I., Chappel B.W. Atype granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis // Contrib. Miner. Petrol. 1987. V. 95. P. 407–419.

> tel.: 89149559277, email: liza.sedunowa2017@yandex.ru.

Шаметова Индира Батоевна,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет,

магистрант второго курса, тел.: 89245493435,

email: shametova-22@mail.ru.

Shametova Indira Batoevna,

664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, undergraduate student of the second course, tel.: 89245493435, email: shametova-22@mail.ru.

Башкирцев Алексей Викторович,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, магистрант второго курса, тел.: 89149384547, email: lesha.bashkirtsev@mail.ru. **Bashkirtsev Alexey Viktorovich,** 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, undergraduate student of the second course, tel.: 89149384547, email: lesha.bashkirtsev@mail.ru.

Данилин Дмитрий Андреевич,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, магистрант второго курса, тел.: 89086615699, email: tmitrich20@gmail.com. Danilin Dmitriy Andreevich, 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, undergraduate student of the second course, tel.: 89086615699, email: tmitrich20@gmail.com.

Монгуш Алсу Рахметовна,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, магистрант первого курса, тел.: 89842769474, email: alsumongush@mail.ru. **Mongush Alsu Rakhmetovna,** 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, undergraduate student of the first course, tel.: 89842769474, email: alsumongush@mail.ru.

Коваленко Сергей Николаевич,

кандидат геолого-минералогических наук, 664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, доцент кафедры динамической геологии, тел.: (3952)20-16-39, етаіl: igpug@mail.ru. **Kovalenko Sergey Nikolaevich,** Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,

664003 Irkutsk, Lenin str., 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, Associate Professor of the Dynamic Geology chair,

tel.: (3952)20-16-39, email: igpug@mail.ru.

Ясныгина Татьяна Александровна,

кандидат геолого-минералогических наук,

664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН, старший научный сотрудник, тел.: (3952) 51–16–59, email: ty@crust.irk.ru. Yasnygina Tatyana Alexandrovna, candidate of geological and mineralogical sciences, 664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Senior Researcher, tel.: (3952) 51–16–59, email: ty@crust.irk.ru.

Чувашова Ирина Сергеевна,

кандидат геолого-минералогических наук, 664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, Доцент кафедры динамической геологии, 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН. старший научный сотрудник, тел.: (3952) 51-16-59, email: chuvashova@crust.irk.ru. Chuvashova Irina Sergeevna, candidate of geological and mineralogical sciences. 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, Associate Professor of the Dynamic Geology chair, 664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Senior Researcher, tel.: (3952) 51-16-59, email: chuvashova@crust.irk.ru. Саранина Елена Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН, ведущий инженер, 664033 Иркутск, ул. Фаворского, д. 1 "А", Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, email: e_v_sar@mail.ru. Saranina Elena Vladimirovna, candidate of geological and mineralogical sciences, 664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Lead Engineer, 664033 Irkutsk, st. Favorskogo, 1 "A", A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS,

email: e_v_sar@mail.ru.

Рассказов Сергей Васильевич,

доктор геолого-минералогических наук, профессор,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,

Иркутский государственный университет, геологический факультет,

заведующий кафедрой динамической геологии,

664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН, заведующий лабораторией изотопии и геохронологии, тел.: (3952) 51–16–59, email: rassk@crust.irk.ru. **Rasskazov Sergei Vasilievich,** doctor of geological and mineralogical sciences, professor, 664003 Irkutsk, st. Lenina, 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, Head of Dynamic Geology Chair, 664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Head of the Laboratory for Isotopic and Geochronological Studies, tel.: (3952) 51–16–59, email: rassk@crust.irk.ru.