

Сходство и различие состава среднеюрских и нижнеплиоценовых отложений на северо-западном берегу Байкала: Оценка вклада обломочного материала Приморского хребта в аллювий средней части долины Пра-Манзурки

А.Р. Монгуш¹, А.А. Бокарева¹, А.Н. Подлинов^{1,2}, В.В. Прокопчик¹, В.С. Риттер¹, Н.М. Максимов¹, В.С. Калинин¹, М.С. Зарипов¹, С.А. Дамбаев¹, С.Н. Коваленко¹, Т.А. Ясныгина², И.С. Чувашова^{1,2}, Е.В. Саранина^{2,3}, С.В. Рассказов^{1,2}

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

³Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

Аннотация. Проводится сравнительный анализ состава галек и песчаного наполнителя галечниковой пачки, завершающей разрез нижнеплиоценового бугульдейского горизонта аллювия в средней части долины Пра-Манзурки, с составом галек и песчаного цемента среднеюрских конгломератов нижнекотловской подсвиты из обнажений Ангаро-Котинской впадины юго-восточной части Иркутского угленосного бассейна. Устанавливается частичное сходство содержаний петрогенных оксидов и микроэлементов в трахидацитах и риолитах галек из плиоценовых и юрских отложений. Определяется различие содержаний петрогенных оксидов и микроэлементов песчаного наполнителя нижних и верхних слоев галечниковой пачки долины Пра-Манзурки и делается вывод о различии их источников. Предполагается, что сближение состава песчаного наполнителя нижних слоев плиоценовой галечниковой пачки с составом содержащихся в них трахидацит-риолитовых галек и составом песчаного цемента среднеюрских конгломератов может отражать размыв обломочного материала среднеюрских конгломератов и его вынос в среднюю часть долины Пра-Манзурки в начальную фазу поднятия Приморского хребта. Наличие Th/Co аномалии в нижних слоях галечниковой пачки, не характерной для юрских конгломератов, свидетельствует об образовании галечников из до-полнительного источника обломочного материала.

Ключевые слова: Иркутский угленосный бассейн, Байкал, юра, ааленский ярус, плиоцен, манзурский аллювий, риолит, трахидацит, плюмазитовые породы.

Similarities and differences in the composition of Middle Jurassic and Lower Pliocene sediments on the northwestern shore of Lake Baikal: Assessment of the contribution of clastic material from the Primorsky Range to the alluvium in the middle part of the Pra-Manzurka valley

A.R. Mongush¹, A.A. Bokareva¹, A.N. Podlinov^{1,2}, V.V. Prokopchik¹, V.S. Ritter¹, N.M. Maksimov¹, V.S. Kalinin¹, M.S. Zaripov¹, S.A. Dambaev¹, S.N. Kovalenko¹, T.A. Yasnygina², I.S. Chuvashova^{1,2}, E.V. Saranina^{2,3}, S.V. Rasskazov^{1,2}

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

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

³A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

Abstract. A comparative analysis is performed between compositions of pebbles and sandy filler of a pebble package that finalizes a section of the Lower Pliocene Buguldeyka alluvium horizon in the middle part of the Pra-Manzurka valley and those of pebbles and sandy cement of the Middle Jurassic conglomerates of the Nizhniy Koty sub-formation from outcrops of the Angara-Koty depression in the southeastern part of the Irkutsk coal basin. A partial similarity in major oxide and trace element contents in trachydacites and rhyolites of pebbles from Pliocene and Jurassic deposits is defined.

From the difference in major oxide and trace element contents of the sand filler of the lower and upper layers of the pebble package of the Pra-Manzurka valley, the difference in their sources is inferred. It is proposed that the convergence between the composition of the sandy filler of the lower layers of the Pliocene pebble package and those of the trachydacite-rhyolite pebbles from this and of the sand cement of the Middle Jurassic conglomerates may reflect the erosion of the clastic material of the Middle Jurassic conglomerates and its removal into the middle part of the Pra-Manzurka valley in the initial phase of the uplift of the Primorsky Range. Occurrence of a Th/Co anomaly in the lower layers of the pebble unit, not typical for Jurassic conglomerates, indicates the formation of the pebbles from another source of clastic material.

Keywords: *Irkutsk coal-bearing basin, Baikal, Jurassic, Aalenian stage, Pliocene, Manzurka alluvium, rhyolite, trachydacite, plumasitic rocks.*

Введение

Аллювий плиоцен-плейстоценовых долин северо-западного побережья Байкала служил объектом исследований в многочисленных работах (Павловский, Фролова, 1941; Логачев и др., 1964; Попова, 1968, 1981; Адаменко, 1975; Гнибиденко, Адаменко, 1976; Лопатин, Томилов, 1977, 2004; Путеводитель..., 1981; Белова, 1985; Кононов, Мац, 1986; Трофимов, 1990; Трофимов и др., 1995; Уфимцев и др., 2000; Кононов, 2005, 2016; Лопатин, 2016; Кононов, Хлыстов, 2017; Аль Хамуд и др., 2022; Рассказов и др., 2022). Предполагалось, что источником аллювия Пра-Манзурки в основном служил материал юрских конгломератов, который оказался спроецированным в эту долину с поднимающегося Приморского хребта (Логачев и др., 1964). Предположение о таком происхождении осадочных отложений основывалось на высокой степени окатанности галек эффузивов кислого состава в манзурском аллювии. До сих пор, однако, конкретные сравнительные исследования состава юрского и плиоцен-плейстоценового обломочного материала не проводились.

История изучения манзурского аллювия в долине Пра-Манзурки с их литолого-геохимической характеристикой недавно подробно рассматривалась в работе (Рассказов и др., 2022). Представительные коллек-

ции образцов трахидацит-риолитовых галек из обнажений районов Больших Котов и Листвянки были проанализированы и рассматривались в сопоставлении с породами вулканических и вулканоплутонических комплексов верхнего палеозоя и мезозоя в совместной работе студентов и преподавателей геологического факультета ИГУ (Олиферовский и др., 2022). Цель нового совместного исследования студентов и преподавателей заключается в определении сходства и различия обломочного материала манзурского аллювия с материалом в предположительном источнике сноса на основе сравнительного анализа содержаний петрогенных оксидов и микроэлементов в гальках и песчаной составляющей осадочных пород.

Общая характеристика объектов исследования

Объекты исследования находятся на северо-западном побережье Южного Байкала. Расстояние между обнажениями юрских конгломератов и плиоценовых галечников, вовлеченных в сравнительный анализ, составляет около 150 км. Потенциальная территория размыва юрских отложений Иркутского угленосного бассейна на северо-западном побережье Байкала соответствует поднятой территории, простирающейся юго-восточнее выходов отложений угленосного Иркутского бассейна (рис. 1).

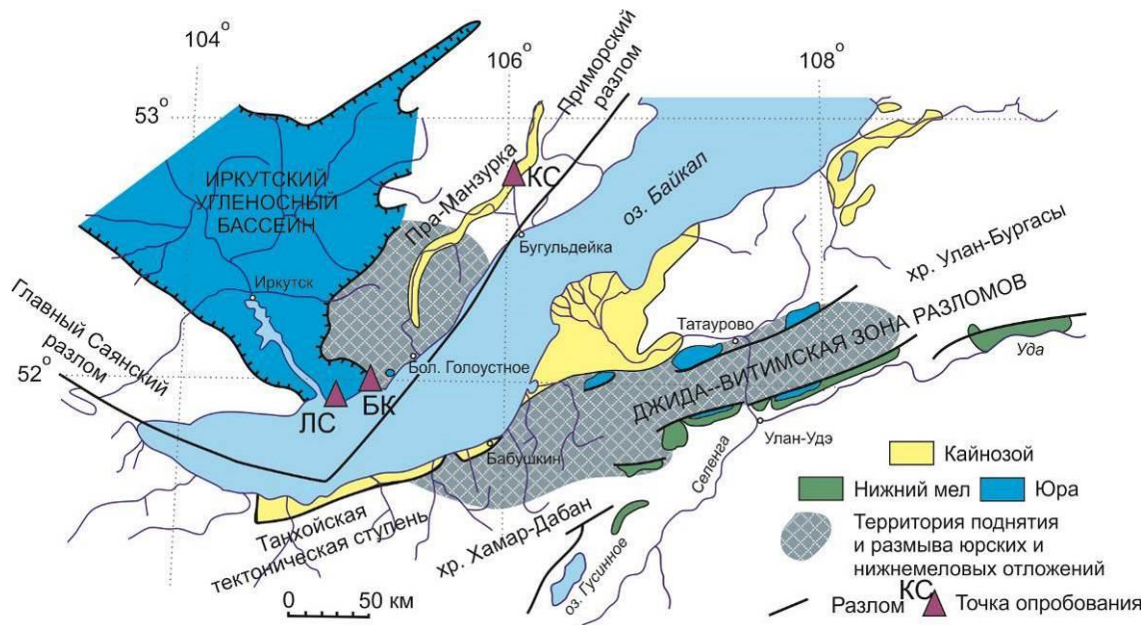


Рис. 1. Местоположение объектов исследований: среднеюрские конгломераты – Большие Коты (БК) и Листвянка (ЛС); нижнеплиоценовые галечники – Косая Степь-3 (КС). Схема составлена с использованием материалов из работ (Замараев, Самсонов, 1959; Логачев и др., 1964; Логачев, 1974; Павлов и др., 1976; Скобло и др., 2001).

Fig. 1. Location of research sites: Middle Jurassic conglomerates – Bolshie Koty (БК) and Listvyanka (ЛС); Lower Pliocene pebbles – Oblique Steppe-3 (КС). The map was compiled using data from (Zamaraev, Samsonov, 1959; Logatchev et al., 1964; Logatchev, 1974; Pavlov et al., 1976; Skoblo et al., 2001).

Юрские конгломераты Ангаро-Котинской впадины

Юрские конгломераты опробованы в районе пос. Листвянка, в локальном обнажении водораздела, и в районе пос. Большие Коты, на утесе Скрипер. Конгломерат представляет собой породу с окатанной галькой различ-

ных размеров вплоть до валунов 30×40 см. Местами конгломерат содержит до 50 % гравелистого и песчанистого цемента. В составе галек нередко преобладают вишневые породы трахидацит-риолитового состава (рис. 2).



Рис. 2. Вишневые гальки трахидацит-риолитового состава в юрских конгломератах района Больших Котов, тн. 025, фото 1344.

Fig. 2. Cherry pebbles of trachydacite-rhyolite composition in the Jurassic conglomerates of the Bolshiye Koty area, site 025, photo 1344.

Стратиграфия юры Ангаро-Котинской межгорной впадины

Система		Ангаро-Котинская межгорная впадина				
Отдел	Ярус	Центральная часть	Предгорная часть			
ЮРСКИЙ	НИЖНИЙ	СРЕДНИЙ	БАЙОС	Верхнекотовская	Конгломераты разногальчатые, песчаники разнозернистые, полимиктовые и полевошпатовые-кварцевые, прослои алевропсаммитовых туффитов и туфов кислого состава (более 30 м)	
				Нижнекотовская	Конгломераты крупно-разногальчатые, менее гравелиты, разнозернистые песчаники полимиктовые и полевошпатово-кварцевые, маломощные пропластки алевролитов, алевропсаммитовых туффитов и туфов кислого состава (50-60 м)	Конгломераты гальчано-валунные, крупновалунные (более 45 м)
	ТОАР	ПРИСАНСКИЙ	СУХОВСКОЙ	Верхнеталяцкая	До пяти трансгрессивных пролювиально-аллювиальных ритмов, в каждом - полимиктовые песчаники (от гравелистых до мелкозернистых), прослои алевролитов и аргиллитов, часто углистых, маломощные пропластки алевропелитовых туффитов и туфов; в верхних ритмах - разногальчатые конгломераты (50-100 м)	(Конгломераты средне-мелкогальчатые, гравелиты, реже разнозернистые песчаники, туффиты, туфы (50 м))
				Нижнеталяцкая	Один трансгрессивный пролювиально-аллювиальный ритм с преобладанием конгломератов от разногальчатых до мелкогальчатых; в верхней части - гравелиты, разнозернистые полимиктовые песчаники с прослоями алевролитов, аргиллитов (в т.ч. углистых), туфоалевропсаммитов, пелитовых туффитов и туфов (70-80 м)	Конгломераты валунно-гальчатые, выше - средне-мелкогальчатые, с линзами гравелитов, песчаников, туфопесчаников (80 м)
	ПРИСАНСКИЙ	УСТЬ-БАЛЕЙСКИЙ	ИДАНСКИЙ	Верхнедабатовская	Четыре, пять трансгрессивных пролювиально-аллювиальных ритмов, каждый - от средне-мелкогальчатых конгломератов к разнозернистым песчаникам, полимиктовым и полевошпатово-кварцевым, и далее - к алевролитам и аргиллитам с линзами углей (до 0,4 м) и пропластками псаммитоалевролитовых и псаммитовых туффитов и туфов риолитов. ПК аналогичен усть-балейскому, с «трипартиновым» горизонтом (до 80 м)	Конгломераты разногальчатые, валунно-гальчатые, в верхней части мелкогальчатые, с линзами гравелитов, углей, туффитов, туфов кислого состава (80 м)
				Среднедабатовская	До четырех трансгрессивных аллювиальных ритмов, каждый - от гравелитов либо разнозернистых полимиктовых песчаников в основании к пойменно-озерным алевролитам и аргиллитам с линзами углей (0,1 - 0,3 м) и пропластками псаммитоалевролитовых и пелитовых туффитов и туфов кислого состава; в нижнем ритме - конгломераты (120 м)	Конгломераты мелкогальчатые, реже разногальчатые, линзы гравелитов, песчаников, углей, туффитов и туфов кислого состава (150 м)
	ПРИСАНСКИЙ	УСТЬ-БАЛЕЙСКИЙ	ИДАНСКИЙ	Нижнедабатовская	До трех трансгрессивных горно-аллювиальных ритмов - конгломераты валунно-разно-гальчатые, хлидолиты, песчаники, при участии в верхних ритмах алевролитов, аргиллитов (местами углистых); пропластки псаммито-алевролитовых туффитов и туфов кислого состава (более 100 м)	Брекчи, хлидолиты, песчаники полимиктовые (до 10 м)
				Подстилающие образования	PR ₁ -V	

Рис. 3. Стратиграфическое положение конгломератов нижнекотовской подсвиты, обнажающейся на берегу Байкала, в схеме стратиграфии Ангаро-Котинской впадины. Схема стратиграфии основана на палеонтологических данных (Скобло и др., 2021). Жирным шрифтом выделена информация о нижнекотовской подсвите, которая содержит конгломераты с дацит-риолитовыми гальками.

Fig. 3. Stratigraphic position of conglomerates of the Lower Koty sub-formation, which is exposed on the shore of Lake Baikal, in the stratigraphic scheme of the Angara-Koty depression. The stratigraphic scheme is based on paleontological data (Skoblo et al., 2021). Information about the Nizhniy Koty sub-formation, which contains conglomerates with dacite-rhyolite pebbles, is highlighted in bold.

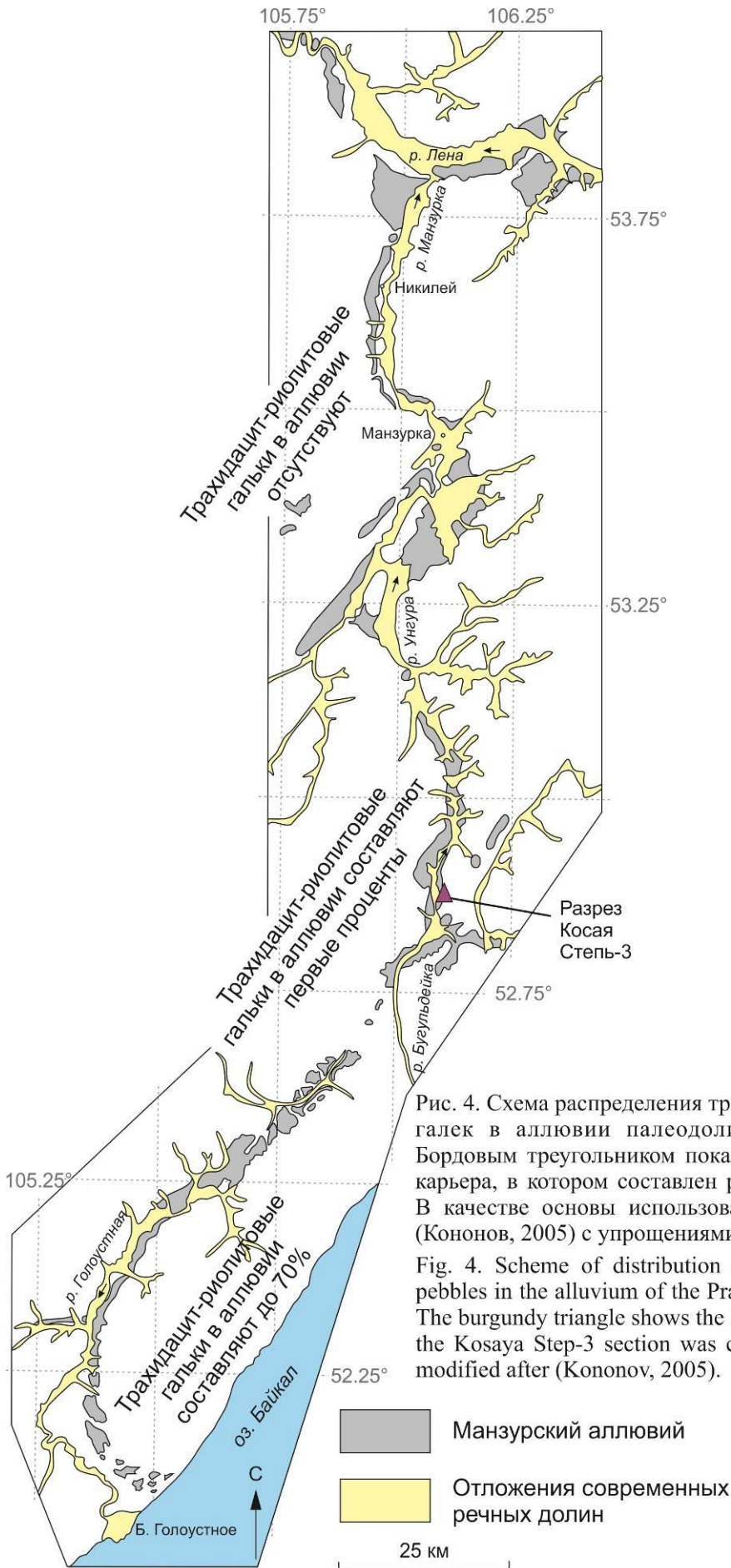


Рис. 4. Схема распределения трахидацил-риолитовых галек в аллювии палеодолины Пра-Манзурки. Бордовым треугольником показано местоположение карьера, в котором составлен разрез Косая Степь-3. В качестве основы использована схема из работы (Кононов, 2005) с упрощениями.

Fig. 4. Scheme of distribution of trachydacite-rhyolite pebbles in the alluvium of the Pra-Manzurka paleovalley. The burgundy triangle shows the location quarry in which the Kosaya Step-3 section was compiled. The scheme is modified after (Kononov, 2005).

Толща конгломератов предгорной части Ангаро-Котинской впадины рассматривается в составе прииркутской серии и расчленяется, по палеонтологическим данным, на три свиты (снизу вверх): дабатскую, тальцинскую и котовскую. На берегу Байкала наблюдаются выходы только нижней подсвиты котовской свиты. Этот стратон датируется верхней частью ааленского яруса, возраст которого в современной хроностратиграфической шкале составляет 174–170 млн лет (рис. 3).

Плиоценовые галечники долины Пра-Манзурки

Манзурский аллювий распределяется вдоль долины Пра-Манзурки (рис. 4) и пред-

ставляет собой переслаивание и линзование галечников и песков. По вертикали чередуются слои песков и галечников, мощность которых достигает 5 м. Параллельная слоистость проявляется в пачках мелкозернистых алевритистых песков и галечников, в песках преобладает косая слоистость. В подавляющей массе пески манзурского аллювия мелкозернисты и хорошо отмыты от глинистых частиц (Павловский, Фролова, 1941; Логачев и др., 1964).

В галечниках преобладает галька среднего и мелкого размера. Валуну тяготеют к низам разреза. Однородные галечниковые пачки составляют от первых метров до нескольких десятков метров (рис. 5).

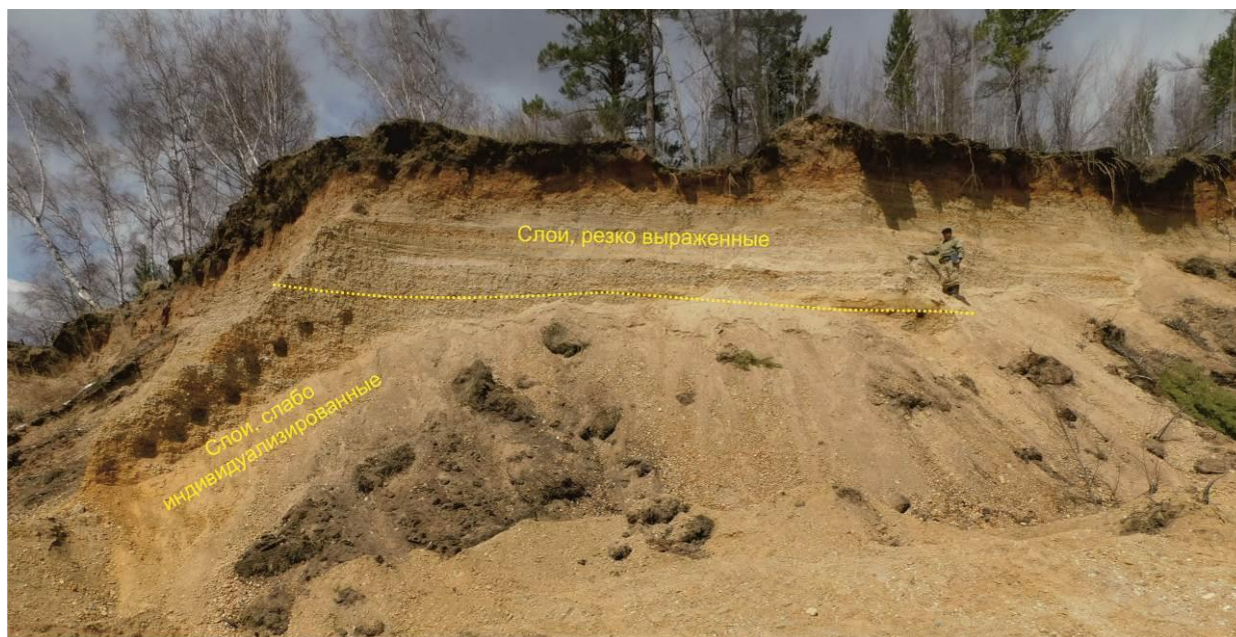


Рис. 5. Общий вид галечниковой пачки 5 в карьере Косая Степь-3, долина Пра-Манзурки. Наблюдается смена слабо индивидуализированных слоев несортированного обломочного материала горизонтально-слоистыми песками и галечниками с резко выраженными границами слоев.

Fig. 5. General view of pebble unit 5 in the Kosaya Step-3 quarry, Pra-Manzurka valley. Change of weakly individualized layers of unsorted clastic material by horizontally layered sands and pebbles with clearly defined layer boundaries is observed.

В южной части долины Пра-Манзурки, близкой к Байкалу (район пос. Б. Голоустное), среди галек представлена в основном обширная гамма эффузивных пород, местами составляющих до 70 %. Распространены гальки вишневого цвета. Петрографически они определяются как порфиры, фельзиты, ортофиры, порфириты, туфы и туфобрекчии. Встречаются также кремнистые породы,

кварциты и кварц, реже – граниты, граносиениты, кристаллические сланцы, кремне-вые доломиты и известняки, плотные окатанные обломки конгломератов, песчаников, аргиллитов и алевролитов (Логачев и др., 1964). В карьере Косая Степь-3 средней части долины Пра-Манзурки (район пос. Косая Степь) обнаружены единичные трахидацил-риолитовые гальки. Хорошая окатанность

галеk округлой формы (в основном 3 и 4 класс по шкале А.В. Хабакова) (рис. 6) свидетельствует о переносе обломков в реку на значительное расстояние. Окраска эффузивных галеk преимущественно черная и розовая. Гальки вишневого цвета почти не встречаются (Рассказов и др., 2022). В северной части долины (район пос. Манзурка) аллювий связывался с формированием «мощной речной сети», представленный разнотекстурными желтыми полимиктовыми песками с прослоями и линзами серых вязких глин. В составе гальки отмечены исключительно изверженные и метаморфические породы докембрия местного происхождения. Гальки эффузивов отсутствуют (Павловский, Фролова, 1941). В аллювии, вскрытом харбатовскими карьерами «среди галеk преобладают эффузивы (отмечены сильно выветрелые разности)...» (Трофимов и др., 1995, стр. 16). В данном случае не ясно, о

каких эффузивах идет речь. Харбатовский горизонт несколько моложе бугульдейского (рис. 7), и возможно, действительно содержит транзитные трахидацит-риолитовые гальки, что требует проверки.

Исходя из таких сравнительных наблюдений, можно сделать предварительный вывод о том, что большая насыщенность манзурского аллювия гальками эффузивов вишневого цвета в южной части долины Пра-Манзурки, скорее всего, обусловлена местным источником обломочного материала, поступившего из водораздельных среднеюрских конгломератов в результате их размыва. В среднюю часть долины Пра-Манзурки выносились лишь редкие трахидацит-риолитовые гальки, а ее северной части такие гальки не достигали. В настоящей работе делается акцент на данных по составу галеk и песчаного наполнителя галечников из средней части долины (см. рис. 4).



Рис. 6. Окатанные гальки черного и розового цвета почти шарообразной формы трахидацит-риолитового состава из манзурского аллювия (пачка 5 разреза Косая Степь-3).

Fig. 6. Rounded pebbles of black and pink color, almost spherical in shape, of trachydacite-rhyolite composition from the Manzurka alluvium (unit 5 of the Kosaya Step -3 section).

Для манзурских отложений в общем характерен желтовато-коричневый цвет (Павловский, Фролова, 1941), хотя нередко встречаются и сильно обожженные породы. В палеодолине Пра-Манзурки различаются разновозрастные осадочные горизонты: от

нижнеплиоценового бугульдейского до палеоплейстоценового верхнеманзурского (рис. 7). Возможно, имеются слои эоплейстоценового возраста, но неоплейстоценовые слои отсутствуют (Логачев и др., 1964).

Рабочая схема основных стратонов аллювия в долине Пра-Манзурки

Геологический возраст	Региональный горизонт	Обоснование возраста
Палеоплейстоцен (вторая половина хапровского времени) (Логачев и др., 1964)*	Верхнеманзурский	Растительность бореального типа (Белова, 1985).
Нижний-верхний плиоцен	Подтоцкий	Растительность полусаванного облика с доминированием <i>Artemisia sp.</i> (Логачев и др., 1964; Белова, 1985). Обратная намагниченность хрона Matuyama или хрона Gauss красноцветных отложений (Гнебиденко, Адаменко, 1976).
Нижний-верхний плиоцен	Харбатовский	Аллювий высокого уровня (80–90 м), вскрытый харбатовскими карьерами в северной части долины. Более молодая пыльцевая флора, по сравнению с флорой бугульдейского горизонта (Трофимов и др., 1995).
Нижний плиоцен (не моложе 4 млн лет)	Бугульдейский	Растительность умеренно-теплых и влажных климатических условий (Трофимов и др., 1995; Рассказов и др., 2022).

*Хапрровский фаунистический комплекс в настоящее время датируется интервалом 2.6–2.2 млн лет и относится к палеоплейстоцену (Титов, Тесаков, 2022).

Рис. 7. Положение пачки галечников бугульдейского горизонта (выделен жирным шрифтом) в рабочей схеме стратиграфии манзурского аллювия.

Fig. 7. Position of the pebble package of the Buguldeyka horizon (in bold) in the working stratigraphic scheme of the Manzurka alluvium.

Методика исследований аналитических

Петрогенные оксиды определялись классическим методом химического анализа (Сизых, 1985). Микроэлементы определялись методом ИСП-МС с использованием масс-спектрометра Agilent 7500se по методике, приведенной в работе (Ясныгина и др., 2015).

Группирование вулканических пород по петрогенным оксидам галек

Представительные составы галек помещены в табл. 1. Первичное группирование их состава проводится по содержаниям петрогенных оксидов с использованием факторного анализа (рис. 8). На диаграмме факторных нагрузок для петрогенных оксидов (рис. 8а) основная изменчивость совокупности пород (первый фактор, вес 42.14 %) определяется возрастанием степени связи

между TiO_2 и Al_2O_3 и другими петрогенными оксидами при резко выраженной отрицательной корреляции с SiO_2 . Менее выражена изменчивость (второй фактор, вес 15.56 %), обозначенная совместным возрастанием MgO , CaO и других петрогенных оксидов при обратной корреляции с этими оксидами K_2O . Следовательно, изменчивость первых двух факторов определяется концентрациями SiO_2 и K_2O . Фактор 3 (вес 13.60 %) дает возрастание роли Na_2O при слабой связи этого оксида с Al_2O_3 и группой оксидов CaO , MgO , с ярко выраженным противоположным поведением оксидов K_2O и Fe_2O_3 при менее выраженном значении TiO_2 , MnO и $ППП$. В координатах первых трех факторов в общем выделяется особая роль K_2O . На факторной диаграмме проб галек (рис. 8б) особая роль K_2O выражается в смещении фигуративного поля манзурских галек и сходных с ними большекотовских галек гр. 2 относительно других составов.

Таблица 1

Представительные составы трахидацит-риолитовых галек из юрских конгломератов и плиоценового манзурского аллювия

Table 1

Representative compositions of pebbles from Jurassic conglomerates and Pliocene Manzurka alluvium

Образец	БК-16-14	БК-16-21	БК-16-17	БК-16-16	БК-16-20	LS-18-6	MGal-8
Группа	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂ , мас.%	75.45	66.89	75.34	68.25	66.53	72.05	75.20
TiO ₂	0.15	0.76	0.27	0.68	0.76	0.51	0.22
Al ₂ O ₃	13.18	16.25	12.57	15.39	16.90	15.68	11.16
Fe ₂ O ₃	0.52	2.55	0.55	1.50	1.88	0.82	4.35
FeO	0.90	0.42	1.08	1.34	0.99	0.28	0.46
MnO	0.03	0.04	0.11	0.07	0.04	0.01	0.01
MgO	0.17	0.23	0.13	0.89	0.34	0.11	0.10
CaO	0.35	0.42	0.16	0.90	0.29	0.10	0.17
Na ₂ O	3.19	5.56	2.46	5.26	5.70	5.86	1.94
K ₂ O	5.50	5.67	6.02	4.18	5.71	4.11	5.31
P ₂ O ₅	< НПО	0.08	< НПО	0.13	0.09	0.04	<0.03
ППП	0.82	0.73	1.05	1.26	0.36	0.75	0.82
Сумма	100.26	99.61	99.73	99.85	99.59	100.32	99.62
Sc, мкг/г	4.1	6.8	6.5	11.0	6.6	3.7	<1.5
Cu	38	9	9	21	12	6	<2.7
Zn	67	74	65	81	73	24	25
Rb	165	202	167	85	185	145	105
Sr	94	22	31	255	36	13	18
Y	12	71	41	24	32	61	16
Zr	69	624	306	227	233	585	69
Nb	7	32	14	11	27	31	8
Cs	4.6	1.35	3.55	0.83	0.83	0.56	0.88
Ba	324	95	96	1288	65	132	151
La	43	110	52	47	59	103	14.7
Ce	82	257	110	93	114	234	18.4
Pr	8	27	13	10	13	24	3.1
Nd	26	97	46	37	46	83	10.6
Sm	4	17	9	6	9	14	2.3
Eu	0.4	1.7	1.0	1.5	1.0	1.4	0.29
Gd	3.0	14.6	7.8	5.3	7.5	11.7	2.3
Tb	0.4	2.0	1.1	0.7	1.0	1.9	0.5
Dy	2.3	12.5	6.6	4.2	5.9	11.1	3.2
Ho	0.4	2.5	1.4	0.8	1.1	2.2	0.6
Er	1.2	7.0	4.1	2.4	3.1	6.4	1.8
Tm	0.19	0.96	0.60	0.36	0.44	0.98	0.24
Yb	1.2	6.6	4.0	2.4	2.9	6.4	1.4
Lu	0.19	0.91	0.61	0.35	0.44	0.97	0.22
Hf	2.8	13.8	8.3	6.1	6.0	13.7	1.18

Ta	1.0	2.4	1.0	0.7	2.1	2.0	0.7
Pb	28	38	20	22	30	60	18
Th	18	21	15	10	10	25	2.6
U	1.8	3.4	3.7	2.5	1.8	6.2	0.7
Cr	83.0	6.5	<6	8.1	6.5	20.4	0.7
Co	2.1	1.5	1.6	3.8	2.4	<0.2	1.1
Ni	12	12	10	14	12	16	3.8
V	7	32	7	31	22	12	15

ППП – потери при прокаливании. НПО – ниже предела обнаружения. 1–6 – гальки юрских конгломератов Больших Котов (БК) и Листвянки (LS); 7 – галька пачки 5 разреза Косая Степь-3 (MGal).

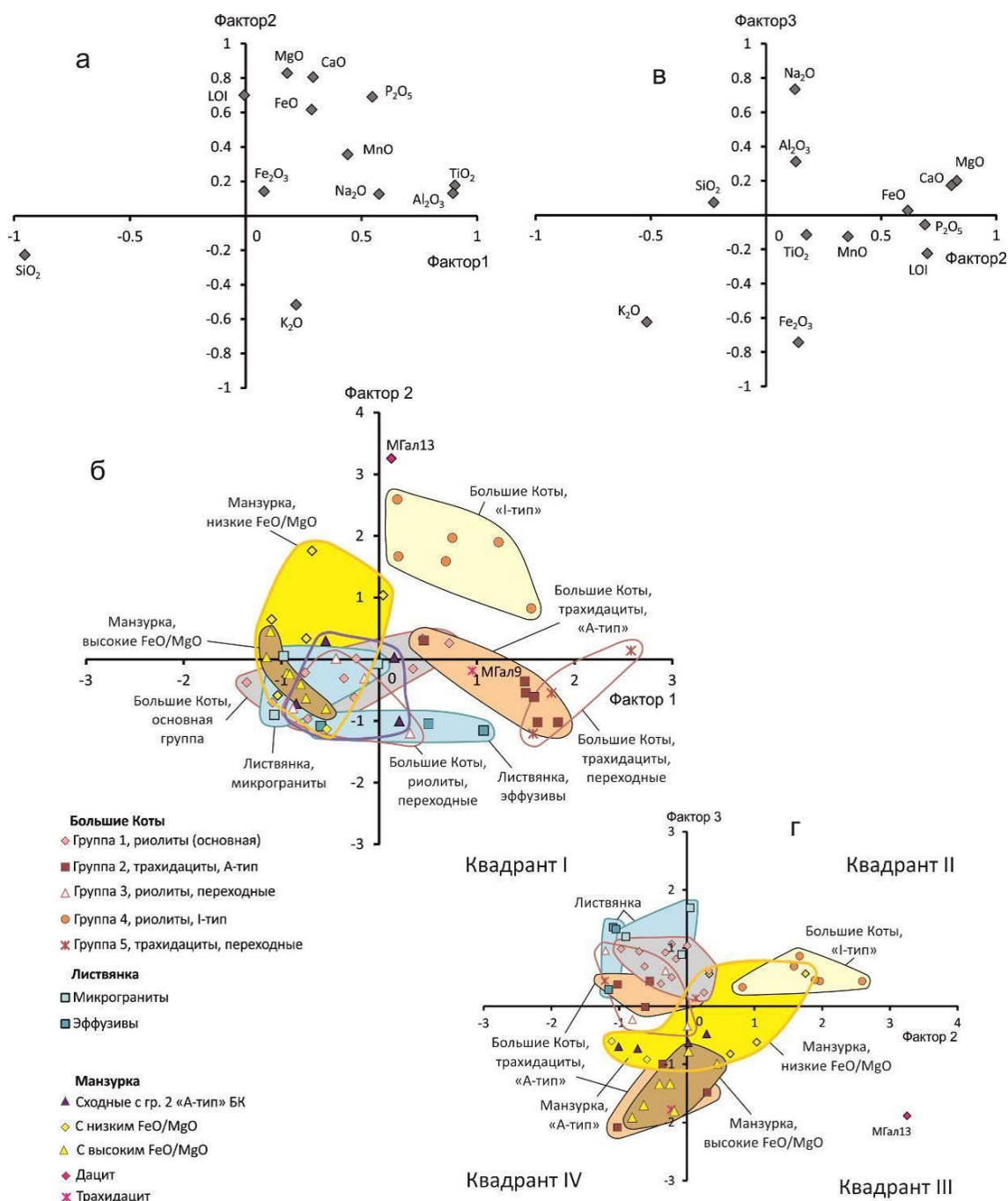


Рис. 8. Распределение факторных нагрузок для петрогенных оксидов галек из юрских и плиоценовых отложений (а, б) и результаты факторного анализа проб галек (в, г). Группы 1–5 – большекотовские, группа 6–7 – листвянские микрограниты (б) и эффузивы (7); 8–9 – манзурские сходные с трахидацитами гр. 2 Больших Котов (8) и основная группа (9). Для юрских га-

лек принимается группирование по петрогенным оксидам и микроэлементам всей совокупности диаграмм, приведенных в работе (Олиферовский и др., 2022). Штрих-пунктирная линия делит породы на группы 1, 3 и 6 (холодные тона значков и полей данных: 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 компонент без ротации.

Fig. 8. Distribution of factor loadings for major oxides of BolshiyeKoty and Listvyanka pebbles (a) and factor scores of pebble samples (b) on the diagrams. Groups 1–5 are from BolshiyeKoty, 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 after (Oliferovsky et al., 2022). The dash-dotted line divides rocks 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.

На классификационной диаграмме вулканических пород щелочи–кремнезем (TAS) (рис. 9) и диаграмме коэффициент агпаитности – кремнезем (рис. 10) фигуративные поля группы 6 листовянской галек и групп 1, 3 большекотовских галек перекрываются между собой. Фигуративные поля групп 2, 4, 5 большекотовских галек смещены относительно фигуративных полей групп 1, 3 большекотовских галек и группы 6 листовянской галек с уменьшением содержания кремнезема. По низкому коэффициенту агпаитности породы всех галек юрских конгломератов относятся к плюмазитовым.

Большинство галек из плиоценового стратона имеет риолитовый состав при высоком содержании SiO_2 (75–79 мас.%) и сопостав-

ляется с крайними составами риолитовых галек групп 1,3 Больших Котов и гр. 6 Листвянки. Две гальки из плиоценового стратона (MGal-3 и MGal-9) имеют состав, подобный составу трахидацит-риолитовых галек большекотовской гр. 4, одна галька (MGal-13) относится к дациту, не имеющего аналогов среди юрских галек Больших Котов и Листвянки. Эта порода характеризуется необычно низким коэффициентом агпаитности ($(\text{Na}+\text{K})/\text{Al} = 0.5$). Пониженные значения этого показателя имеют также риолитовые гальки MGal-1 и MGal-15. Следовательно, эти гальки тоже не могут рассматриваться как производные юрских конгломератов.

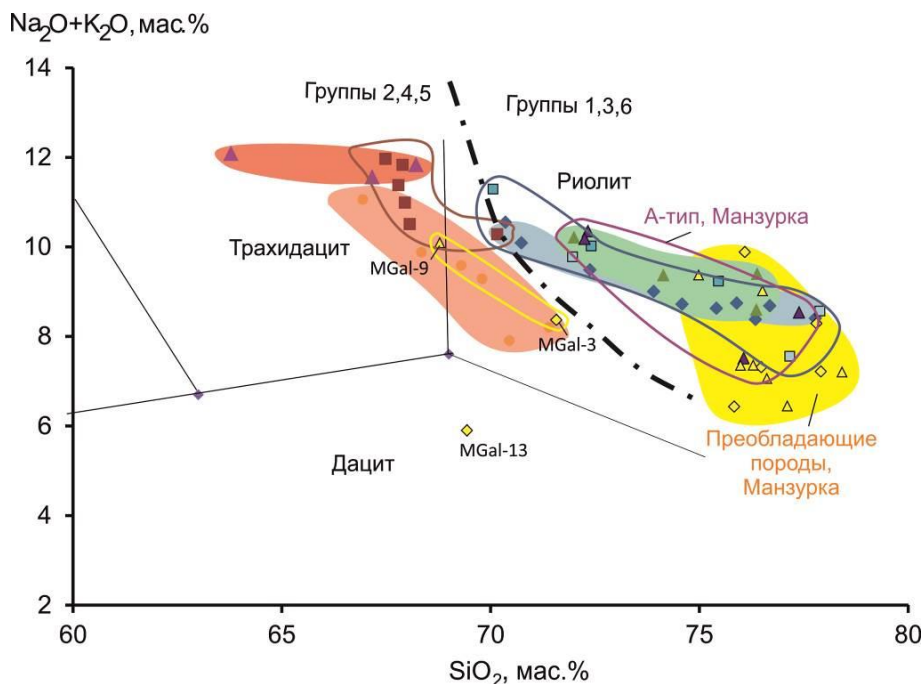


Рис. 9. Распределение групп галек на классификационной диаграмме щелочи–кремнезем. Для построения этой диаграммы содержание оксидов приведено к 100 мас.%. Условные обозначения и деление на группы такие же, как на факторной диаграмме рис. 8б.

Fig. 9. 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. 7б.

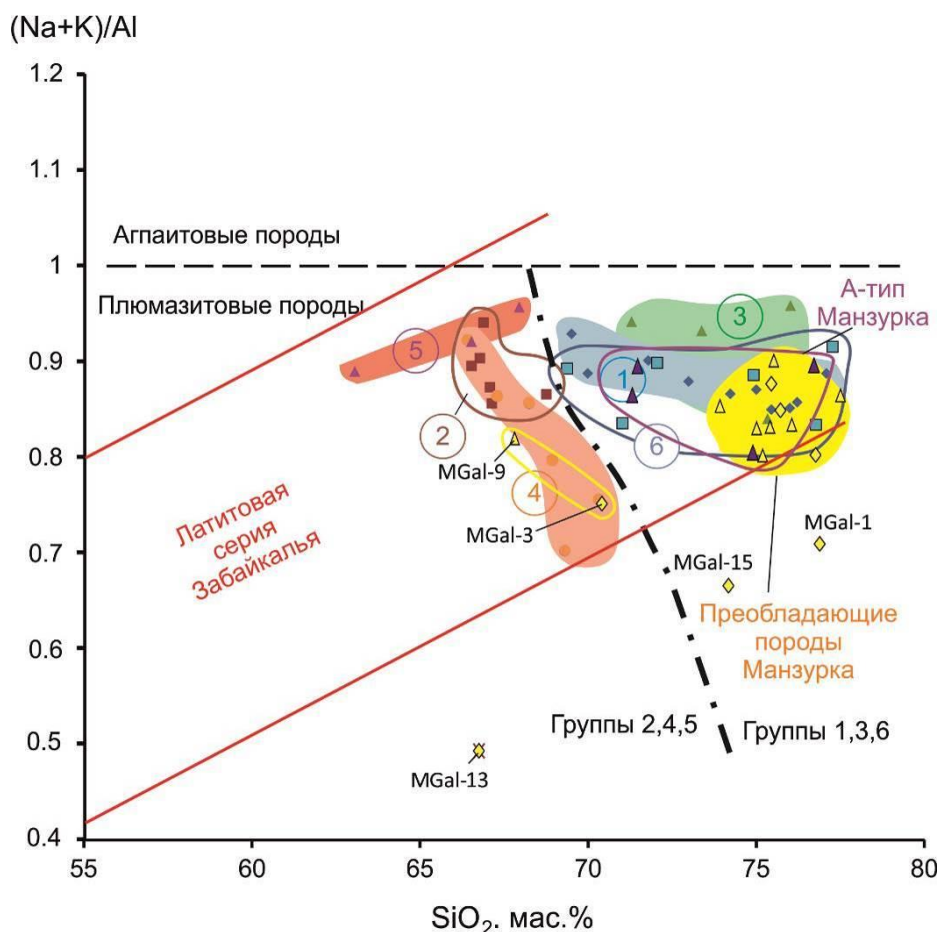


Рис. 10. Распределение групп галек на диаграмме $(\text{Na}+\text{K})/\text{Al} - \text{SiO}_2$. Отношение $(\text{Na}+\text{K})/\text{Al}$ (коэффициент агпаитности) рассчитано в атомных количествах. Условные обозначения и разделение на группы такие же, как на факторной диаграмме рис. 8б. Полоса пород латитовой серии Забайкалья показана по работе (Таусон и др., 1984).

Fig. 10. Distribution of pebble groups on the diagram $(\text{Na}+\text{K})/\text{Al}$ vs SiO_2 . The ratio $(\text{Na}+\text{K})/\text{Al}$ (agpaitic coefficient) was calculated in atomic quantities. Symbols and division into groups are the same as in the factor diagram of Fig. 7б. The strip of data points of the latite series of Transbaikalia is shown after (Tauson et al., 1984).

Группирование вулканических пород по микроэлементам галек

Факторным анализом по микроэлементам (рис. 11) получено группирование состава галек, сходное с группированием по петрогенным оксидам. На панели *a* (диаграмма элементов факторов I и II) основная изменчивость совокупности пород (первый фактор, вес 54.69 %) определяется положительной корреляцией большинства микроэлементов при отрицательной корреляции их с Co, Ba, Sr и V. Менее выраженная изменчивость (второй фактор, вес 13.34 %) обозна-

чает положительную корреляцию между Ba, Sr, V, Eu и Ni при отрицательной корреляции этих элементов с Co. В координатах первых двух факторов наблюдается общий тренд элементов, протягивающийся из квадранта I через квадрант II в квадрант III, и отдельная фигуративная точка Co в квадранте IV. Отчетливо проявляется аномальное поведение Co. В координатах факторов 2 и 3 фигуративная точка Co находится рядом с точкой Th (панель *b*) и принимает, таким образом, литогенетический смысл Th/Co аномалии.

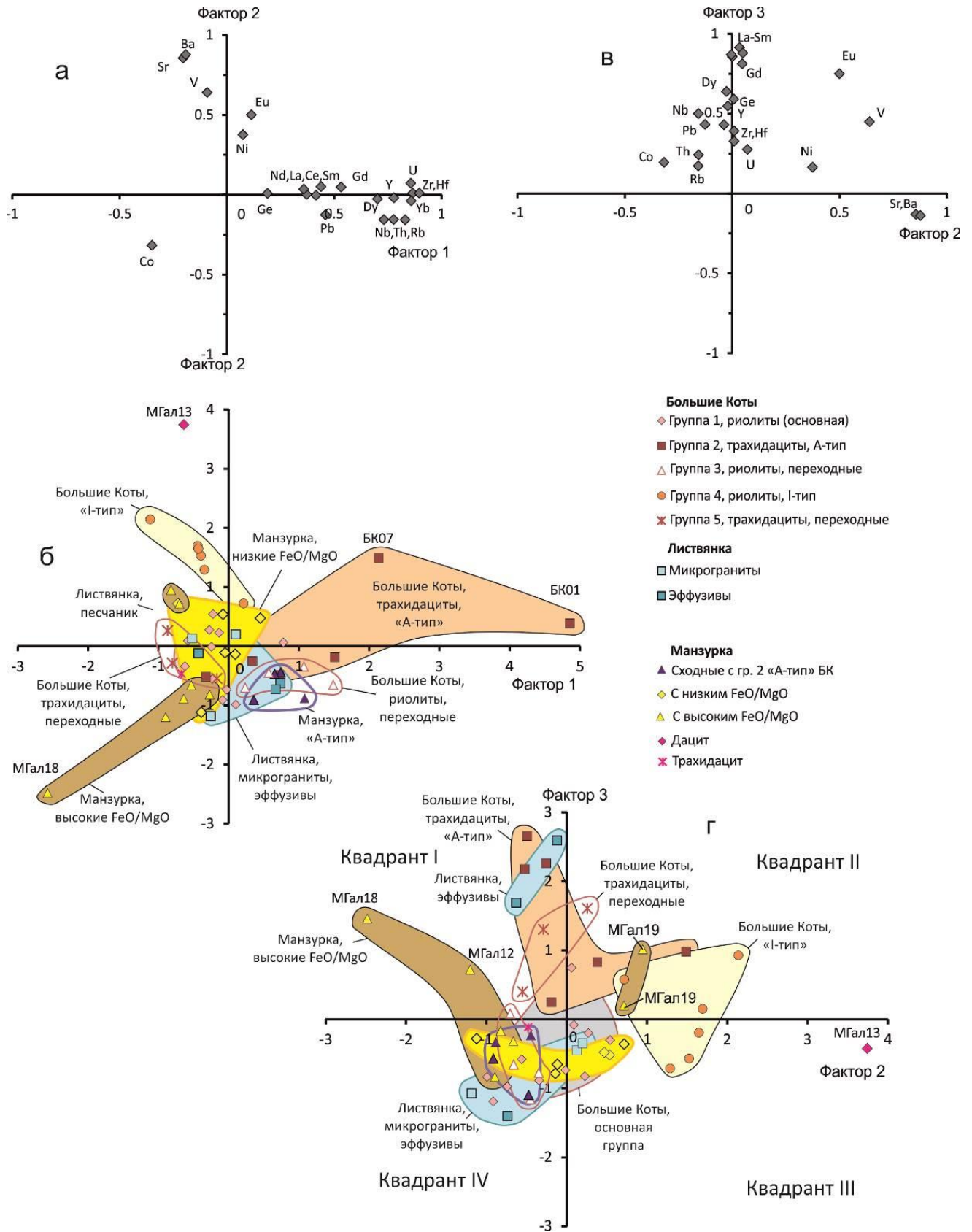


Рис. 11. Распределение микроэлементов (а, в) и проб галек по группам (б, г) на факторных диаграммах. Условные обозначения и разделение на группы такие же, как на факторной диаграмме рис. 8б.

Fig. 11. Distribution of trace elements (а, в) and factor scores of pebble groups (б, г) in factor diagrams. Symbols and division into groups are the same as in the factor diagram of Fig. 7б.

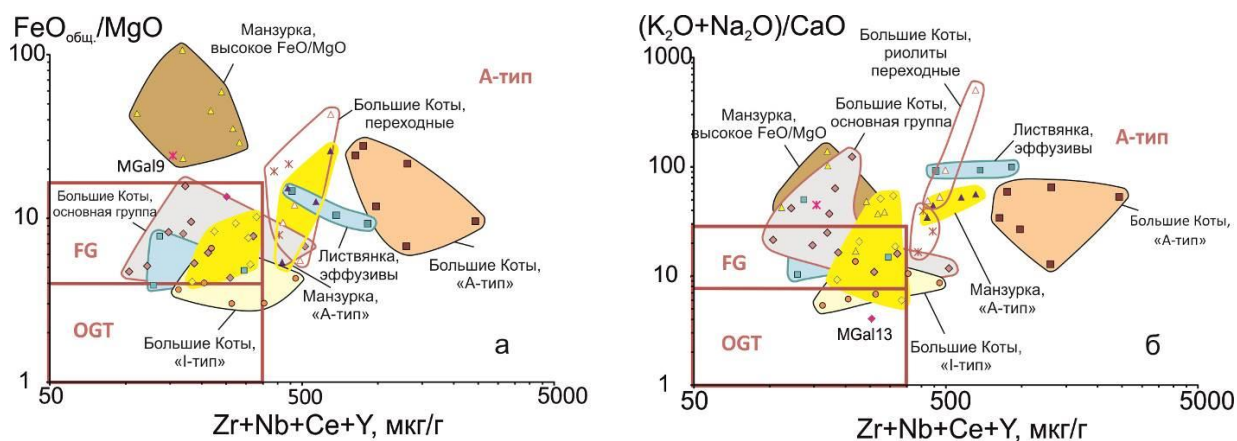


Рис. 12. Распределение групп галек на дискриминационных диаграммах гранитов $\text{FeO}_{\text{общ.}}/\text{MgO} - \text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$ (a) и $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{CaO} - \text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$ (б) (Whalen et al., 1987). Условные обозначения и разделение на группы такие же, как на факторной диаграмме рис. 8б. FG – фракционированные фельзические граниты, OGT – нефракционированные граниты M, S и I типа (орогенные граниты), А-тип – анорогенные граниты. Синим цветом показаны фигуративные поля разновозрастных гранитов Забайкалья (Олиферовский и др., 2022).

Fig. 12. Distribution of pebble groups on the discrimination diagram of granites ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$ vs $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$) (Whalen et al., 1987). Symbols and division into groups are the same as in the factorial diagram in Fig. 7б. FG – fractionated felsic granites, OGT – unfractionated M, S and I type granites (orogenic granites), А-тип – anorogenic granites. The data fields of granites of different ages in Transbaikalia are shown in blue (Oliferovsky et al., 2022).

На панели рис. 11б вдоль основного тренда квадрантов I-II-III располагаются точки большекотовских галек. Большинство манзурских галек занимает область вблизи центра координат. В квадранте IV находятся манзурские гальки с высоким отношением FeO/MgO (три точки смещены в квадрант I). Таким образом, Th/Co аномалия связана с гальками, имеющими высокое железо-магниевое отношение.

На панели в (диаграмма элементов факторов I и III) конкретизирует значение общего тренда точек по фактору 3 (вес 7.30 %), минимальные значения которого определяются высокой корреляционной связью Ba и Sr. Максимальные значения фактора 3 характеризуются высокой корреляционной связью легких редкоземельных элементов (РЗЭ). На панели г выделяются две совокупности фигуративных точек: одна характеризует общий тренд галек, протягивающийся из квадранта I в квадрант IV и далее в квадрант III, другая – тренд преимущественно большекотовских-листвянских галек, протягивающийся из квадранта I в квадрант II и далее в квадрант III. Во второй тренд вписываются только две фигуративные точки манзурских галек: MGal-19 и MGal-20. Обособленное положение занимает точка MGal-13.

На дискриминационных диаграммах гранитов (рис. 12) гальки юрских конгломератов образуют тренды, протягивающиеся из поля орогенных гранитов (FG и OGT) в поле анорогенных гранитов (А-тип). Часть фигуративных точек галек из манзурских отложений находится на этом тренде в поле орогенных гранитов (желтые фигуративные поля), другая часть смещена вдоль общего тренда юрских галечников в область гранитов А-типа. На панели а резко выделяется группа манзурских галек с высоким отношением $\text{FeO}_{\text{общ.}}/\text{MgO}$ (коричневое фигуративное поле).

Краткая петрографическая характеристика галек и песчаной составляющей манзурских галечников

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 шестоватые фенокристаллы олигоклаз-альбитового состава и калиевого полевого шпата. Темноцветные железо-магнезиальные силикатные минералы представлены редкими зернами биотита. Преобладает тонкозернистая основная мас-

са, но встречаются также образцы с хорошо раскристаллизованной основной массой.

В цементирующей массе галечников содержится примерно равное количество полевого шпата и кварца, нередко первый преобладает. В тяжелой фракции содержание нестойких минералов (амфиболов, эпидота, цоизита, апатита) в 5–10 раз выше содержания стойких минералов (граната, рутила, циркона, турмалина, сфена). Амфиболы совместно с минералами эпидот-цоизитовой группы и рудными составляют до 80–90 % веса фракции (Логачев и др., 1964).

Петрогенные оксиды манзурских галечников

На рис. 13 пачка 5 расчленяется на 4 слоя. Первый слой представлен тремя пробами, отобранными выше поверхности размыва, перекрытой галечниками (обр. 49–51). Во втором слое насчитывается 11 проб (обр.

102–112), в третьем – 6 проб (обр. 101, 35–39), в четвертом – также 6 проб (обр. 29–34). Слоям 1 и 2 соответствует несортированный галечник, слоям 3 и 4 – переслаивание галечника и песка (см. рис. 5).

Песчаный наполнитель слоев 1 и 2 имеет пониженное содержание SiO₂ (69.4–80.0 мас.%). В слоях 3 и 4 содержание SiO₂ в песчаных породах возрастает до интервала 78–83 мас.%. Минимальное содержание SiO₂ в пробе 112 (69.4 мас.%) соответствует среднему значению в цементе юрских конгломератов. Другие пробы имеют содержание SiO₂ на верхнем пределе интервала значений цемента юрских конгломератов. Два состава цемента юрских конгломератов Листвянки попадают в интервал этих же значений. Преобладающие гальки из пачки 5 разреза Косая Степь-3 показывают такие же значения SiO₂.

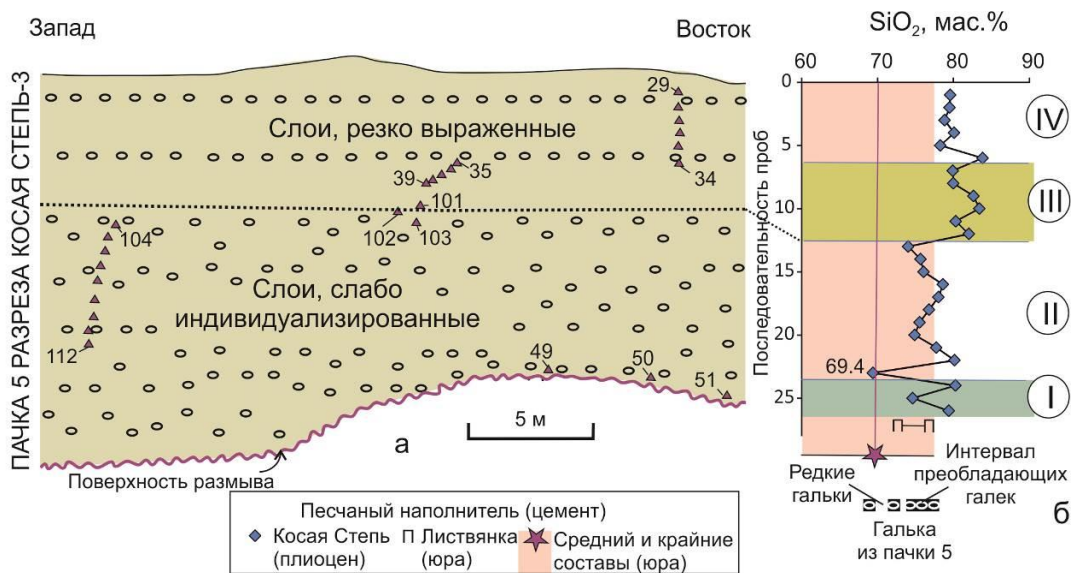


Рис. 13. Схема отбора проб из пачки 5 разреза Косая Степь-3 (а) и вариации SiO₂ песчаного наполнителя галечников четырех слоев этой пачки в сопоставлении с SiO₂ из галек этой же пачки и цемента юрских конгломератов. Номера слоев обозначаются римскими цифрами в кружках по порядку снизу вверх. Для сопоставления используются данные по составу цемента юрских конгломератов Забайкалье и Предбайкалье (Akulov et al., 2020).

Fig. 13. Scheme of the unit 5 sampling in the Kosaya Step-3 section (a) and SiO₂ variations in a sand filler of pebbles in four layers of this unit in comparison with SiO₂ content of pebbles in the same unit and cement from Jurassic conglomerates. Layer numbers are indicated by Roman numerals in circles in order from bottom to top. For comparison, data on the composition of cement from the Jurassic conglomerates of Transbaikalia and Prebaikalia are used (Akulov et al., 2020).

При выделении геохимических критериев условий осадконакопления, наряду с концентрациями оксидов и микроэлементов, рассчитывается химический индекс выветривания (Chemical Index of Alteration), $CIA = 100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)$ (отн.%) (Nesbitt, Young, 1982). Чем выше

CIA, тем сильнее выветривание. Определяется механическая сортировка кластического материала по титановому модулю $TM = TiO_2 / Al_2O_3$ (Мигдисов, 1960), вариации которого зависят от устойчивости титансодержащих минералов к процессам выветривания и последующего накопления в грубых

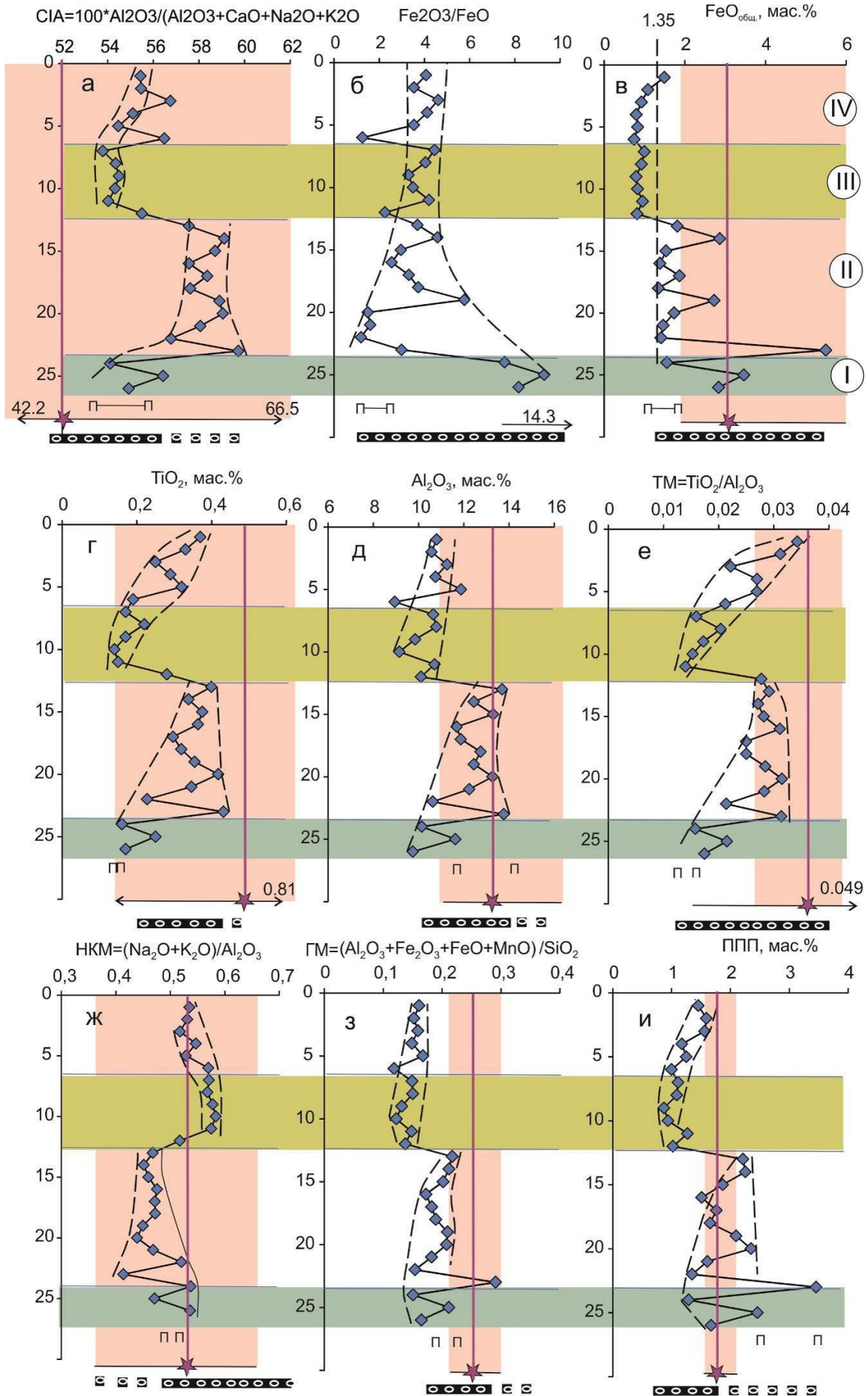
фракциях кор выветривания, в то время как алюминий теряется в процессе разложения силикатных минералов. Рассчитывается гидролизатный модуль $ГМ = (Al_2O_3 + TiO_2 + P_2O_5 + FeO + MnO) / SiO_2$ как показатель степени выветривания пород. Определяется модуль общей нормативной щелочности $НКМ = Na_2O + K_2O / Al_2O_3$, который, наряду с щелочным модулем $ЩМ = Na_2O / K_2O$, характеризует интенсивность процессов химического выветривания в области источника сноса. Высокие значения НКМ свидетельствуют об осадках, содержащих обломки щелочных полевых шпатов из пород области сноса. Повышению ЩМ способствует увеличение поступления зерен плагиоклаза в область осадконакопления (Юдович, Кергис, 2000). Используется диаграмма Th/Co–La/Sc для определения в источниках сноса пород основного и кислого состава [Cullers, 2002]. Для определения границы отложений танхойской и аносской свит в Баргузинской впадине использовалось резкое возрастание окисленности железа с пограничным значением $Fe_2O_3 / FeO = 3$ (Рассказов и др., 2016). В породах глинистого состава определяются высокие потери при прокаливании (ППП), в среднем около 10 мас. %.

Песчаный наполнитель слоев 3, 4 пачки 5 манзурских галечников резко отличается от наполнителя слоя 2 пониженными значениями CIA, ГМ и ППП при повышенных значениях НКМ (рис. 14а, ж–и). Возрастание значений CIA в песчаном наполнителе плиоценовых галечников, относительно среднего значения в цементе юрских конгломератов, свидетельствует об усилении выветривания пород. В слое 2 явно содержится больше глинистого материала, чем в слоях 3, 4. Отсутствие сортировки галечника слоя 2 отразилось в его слабой промывке, тогда как галечник слоев 3, 4 промывался и частично лишился глинистой составляющей. В результате промывки из слоев 3, 4 оказались удаленными пылеватые частицы минералов железа и фосфора, нивелировались аномалии марганца (рис. 14в, р, с). Широкие вариации отношения Fe_2O_3 / FeO в слоях 1, 2 (<1–9) сменились узким диапазоном этого отношения (3–5) (рис. 14б).

Содержания TiO_2 и Al_2O_3 в слоях 1, 2 и 3, 4 снижаются снизу вверх с подобным сни-

жением значений $ТМ = TiO_2 / Al_2O_3$. Вследствие промывки из песчаного наполнителя слоев 1 и 3 удалялись частицы, содержащие TiO_2 , и Al_2O_3 с преимущественным снижением первого оксида (со снижением ТМ). Содержания обоих компонентов и значений ТМ в наполнителе плиоценовых галечников ниже их средних содержаний и значений ТМ в цементе юрских конгломератов (рис. 14г–е).

Оксид Na_2O распределяется в песчаном наполнителе разреза галечников подобно оксиду Al_2O_3 (рис. 14д, к). Оба компонента содержатся в плагиоклазе. Судя по существенному смещению точек песчаного наполнителя плиоценовых галечников относительно среднего состава цемента юрских конгломератов, роль плагиоклаза в молодых осадках гораздо меньше чем в древних. Содержание K_2O плавно возрастает снизу вверх по разрезу в слоях 1, 2, 3. В слое 4 рост K_2O замедляется (рис. 14л). Калиевый полевой шпат более неустойчив к выветриванию чем плагиоклаз и в переходе от слоя 2 к слоям 3, 4 не проявляется. Тренд K_2O песчаного наполнителя молодых галечников приблизительно соответствует его среднему содержанию в цементе более древних конгломератов. Следовательно, если осадочный материал конгломератов проецировался в долину Пра-Манзурки, калишпатовая составляющая отложений не претерпела существенных изменений. Интересно, что отношение K_2O / Na_2O в песчаном наполнителе подошвы и кровли галечниковой пачки 5 отличается от отношения K_2O / Na_2O ее средней части, в которой наблюдается возрастание значений (рис. 14м). Более высокие значения отношения K_2O / Na_2O в молодом материале, чем в материале более древних конгломератов, могут свидетельствовать об отсутствии прямой генетической связи между ними. Широкий диапазон отношения K_2O / Na_2O (0.63–39.2) в гальках из плиоценовых отложений предполагает участие в осадках долины Пра-Манзурки материала источников, отличающихся от юрских конгломератов. О вкладе других источников может свидетельствовать также более низкие содержания MgO и CaO , а также отношения CaO / Na_2O в молодом материале, чем в материале более древних конгломератов (рис. 14н–п).



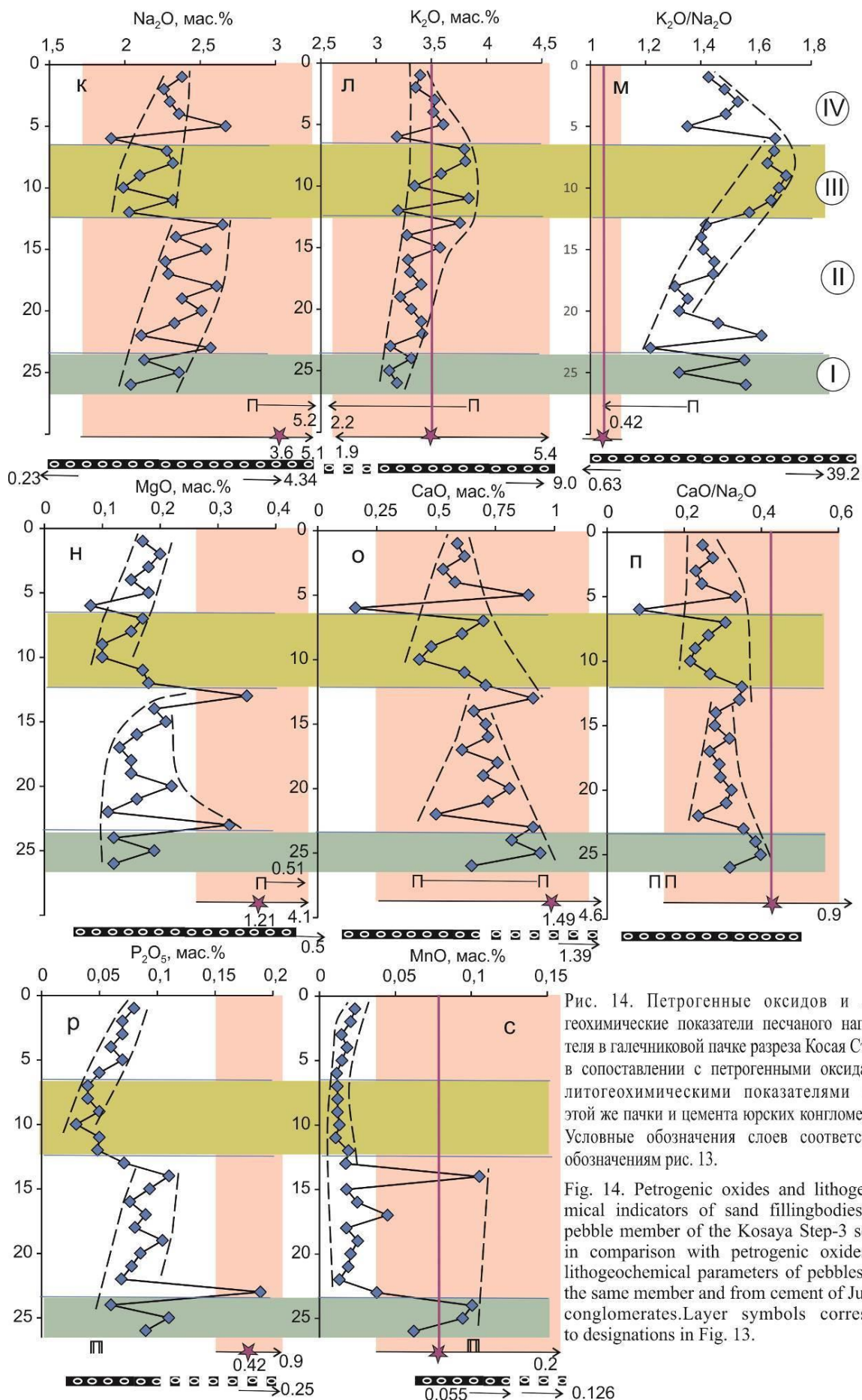


Рис. 14. Петрогенные оксиды и литогеохимические показатели песчаного наполнителя в галечниковой пачке разреза Косая Степь-3 в сопоставлении с петрогенными оксидами и литогеохимическими показателями галек этой же пачки и цемента юрских конгломератов. Условные обозначения слоев соответствуют обозначениям рис. 13.

Fig. 14. Petrogenetic oxides and lithochemical indicators of sand filling bodies in a pebble member of the Kosaya Step-3 section in comparison with petrogenetic oxides and lithochemical parameters of pebbles from the same member and of cement of Jurassic conglomerates. Layer symbols correspond to designations in Fig. 13.

Микроэлементы манзурских галечников

Для песчаного наполнителя слоев 1, 2 пачки 5 получаются значения Eu/Eu^* менее 1, соответствующие отрицательной Eu -аномалии. Наиболее низкое значение Eu/Eu^* имеет песчаный наполнитель обр. 112. Близкие низкие значения Eu/Eu^* , в узком интервале (0.75–0.84), имеют дацит-риолитовые гальки из пачки 5. Для песчаного наполнителя слоев 3, 4 определяются значения Eu/Eu^* больше 1, соответствующие положительной Eu -аномалии (рис. 15б). Значения Eu/Eu^* существенно ниже 1 имеют обогащенные глинистыми минералами породы озерной пачки 3 разреза Косая Степь-3 (Расказов и др., 2022).

В интервал отрицательных значений Eu/Eu^* попадает цемент конгломератов Листвянки. Состав средних РЗЭ цемента большекотовских конгломератов не определялся. Если цемент этих конгломератов и подобных пород сопредельных территорий, подобно цементу листвянских конгломератов, имеет отрицательную Eu -аномалию,

этот показатель может иметь маркирующее значение для отложений из источника юрских конгломератов. В этом случае, положительные значения Eu/Eu^* песчаного наполнителя галечников пачки 5 в слоях 3, 4 воспринимаются как свидетельство поступления материала нового источника. Таким источником могут быть, например, метаморфические породы, плагиоклаз которых будет иметь положительную Eu -аномалию.

Содержания РЗЭ повышены в наполнителе галечников слоев 1, 2, снижаются в наполнителе галечников слоя 3 и несколько возрастают в наполнителе галечников слоя 4 (рис. 15а). Фигуративные точки отношения Th/Co по разрезу отражаются зеркально к точкам суммы РЗЭ. Отношения Th/Co понижены в наполнителе галечников слоев 1, 2, возрастают в наполнителе галечников слоя 3 и несколько снижаются в наполнителе галечников слоя 4. Отношение Th/Co в наполнителе галечников слоя 3 соответствует отношениям в цементе юрских галечников и заметно снижается в наполнителе галечников слоев 1, 2 и 4 (рис. 15в).

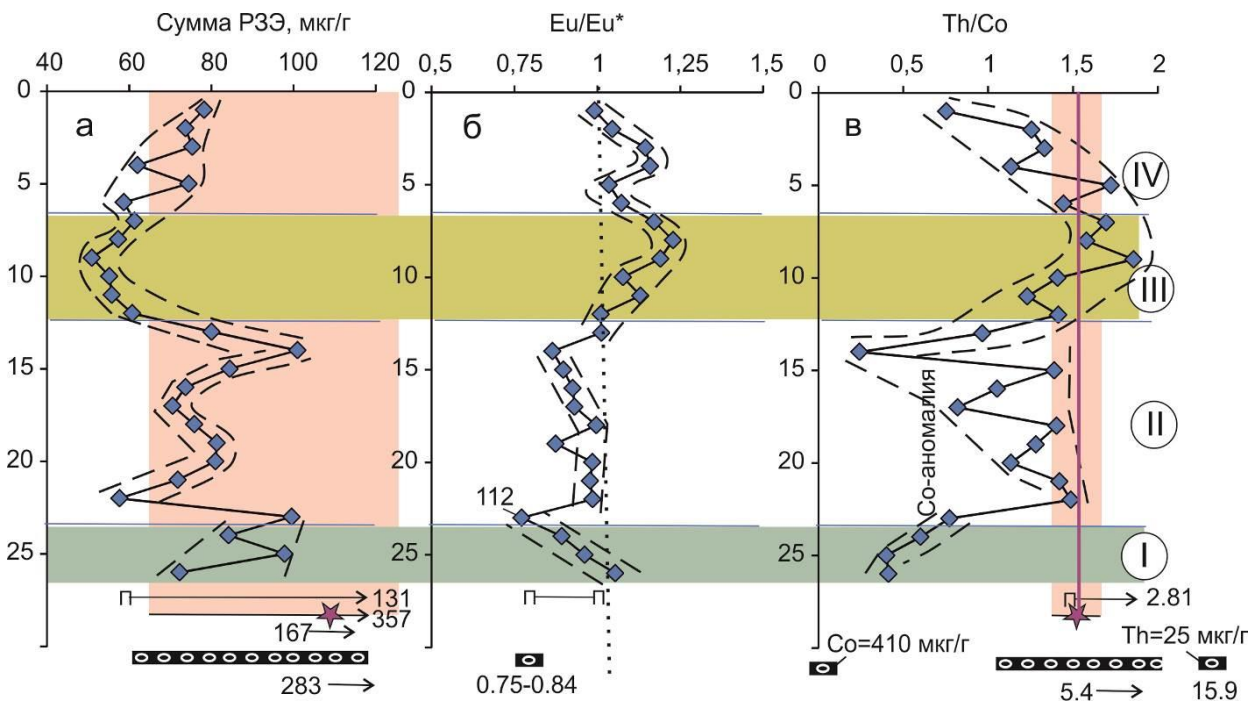


Рис. 15. Вариации суммы РЗЭ (а), Eu/Eu^* (б) и отношения Th/Co (в) песчаного наполнителя галечников четырех слоев пачки 5 разреза Косая Степь-3 в сопоставлении с гальками этой же пачки и цемента юрских конгломератов. Условные обозначения слоев соответствуют обозначениям рис. 13. Значения европиевой аномалии (Eu/Eu^*) рассчитываются как разность измеренной концентрации Eu по отношению к соседним РЗЭ: $Eu-(Sm+Gd)/2$.

Fig. 15. Variations in the REE sum (a), Eu/Eu* (b), and Th/Co ratio (c) of the sandy filler of pebbles of four layers of unit 5 of the Kosaya Step-3 section in comparison with pebbles of the same unit and cement from Jurassic conglomerates. Symbols of the layers are as in Fig. 13. Values of the europium anomaly (Eu/Eu*) are calculated as the difference in the measured concentration of Eu relative to neighboring REE: $Eu - (Sm + Gd) / 2$.

На диаграмме Co–Th–Zr/10 (рис. 16) фигуративные точки песчаного наполнителя галечников пачки 5 разреза Косая Степь-3 распределяются вдоль линии $Th/Zr = 0.1$, на которой, вблизи угла Co, находится точка гальки MGal-18. Фигуративные точки гальки в основном распределяются вдоль линии $Th/Co = 5$. Наиболее продвинуты к ториевому углу диаграммы точки MGal-3 и MGal-9. Часть точек, включая точку MGal-13, располагается на линии $Th/Co = 1$. Точки и фигу-

ративные поля цемента юрских конгломератов в общем концентрируются вдоль линии $Th/Co = 2$ и ниже нее. Тренды цемента юрских конгломератов и наполнителя плиоценовых галечников сходятся на пересечении линий $Th/Co = 2$ и $Th/Zr = 0.1$. Совокупность точек наполнителя плиоценовых галечников характеризует возрастание роли Co, совокупность точек цемента юрских конгломератов – возрастание роли Zr.

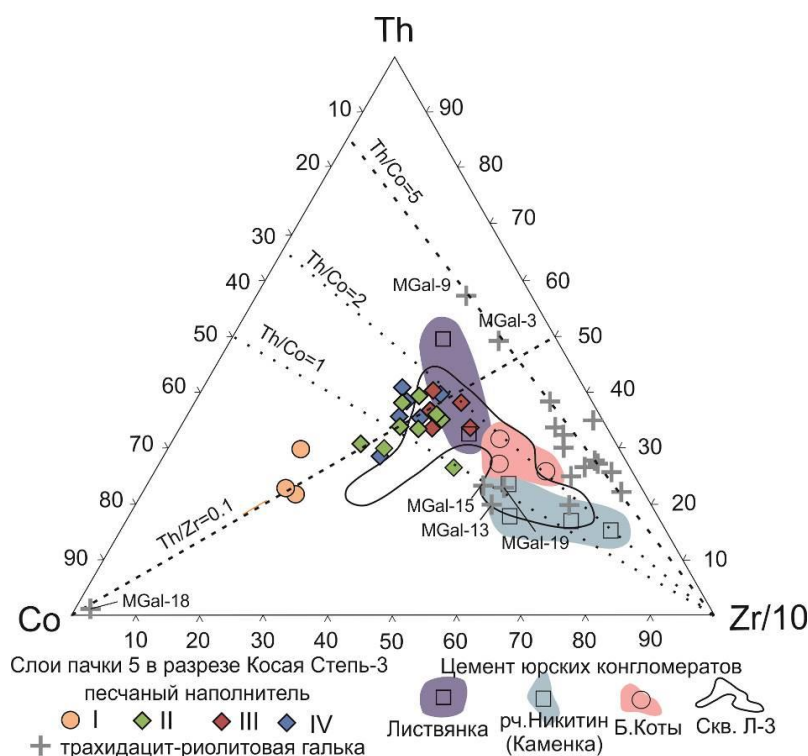


Рис. 16. Сопоставление песчаного наполнителя галечников четырех слоев галечниковой пачки разреза Косая Степь-3 с гальками этой же пачки и цементом юрских конгломератов на диаграмме Co – Th – Zr/10. Для построения диаграммы использованы данные авторов. Диапазоны состава цемента из конгломератов района Больших Котов, рч. Никитина и скв. Л-3 (Листвянка) показаны по данным (Akulov et al., 2021).

Fig. 16. Comparison of the sandy filler of the pebbles of four layers of the pebble member of the Kosaya Step-3 section with pebbles from the same unit and cement from Jurassic conglomerates on the Co – Th – Zr/10 diagram. The authors' data are used to construct the diagram. Ranges of cement composition from conglomerates of Bolshie Koty, Nikitin creek, and well L-3 (Listvyanka) are shown after (Akulov et al., 2021).

Обсуждение

Источники обломочного материала нижнекотовской подсвиты

В работе (Олиферовский и др., 2022) был показан ограниченный (плюмазитовый) состав трахидацит-риолитовых галек нижнекотовской подсвиты, обнаженной на берегу Байкала, что 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 трахидацит-риолитовых галек нижнекотовской подсвиты рассматривались 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 подвергнуться 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.

По составу обломочного материала в гальках и цементе нижнекотовская подсвита составляет финальный стратон иркутской серии, которая характеризуется широким интервалом составов галечников, в том числе, содержащих щелочные темноцветные

минералы (Семейкина, 1980; Скобло и др., 2001). Наличие таких минералов в шлифах может свидетельствовать об агпаитовом составе галечников нижней и средней частей разреза Ангаро-Котинской впадины. В финальном (котовском) стратоне находятся трахидацит-риолитовые гальки только плюмазитового состава.

Источники обломочного материала манзурского аллювия

В средней части долины Пра-Манзурки обнаружены трахидацит-риолитовые гальки исключительно плюмазитового состава. Отсутствие галек с агпаитовой характеристикой накладывает ограничения на источники обломочного материала манзурского аллювия. Частичное сходство состава галек из юрских конгломератов и плиоценовых галечников, в общем подтверждает гипотезу (Логачев и др., 1964) о проецировании юрских галек с поднимающегося Приморского хребта в манзурский аллювий.

Однако в манзурском аллювии встречаются гальки, отличающиеся по составу от галек изученных обнажений юрских конгломератов. Галька MGal-13 имеет дацитовый (известково-щелочной) состав, подобный составу гранитов Ангаро-Витимского батолита (возраст 330–310 млн лет). В манзурском аллювии выделяется группа дацит-риолитовых галек с повышенным отношением $FeO_{общ}/MgO$, не характерным для изученных юрских галек. Наконец, галька MGal-18 существенно обогащена кобальтом, что также не характерно для изученных юрских галек. Наличие таких галек отражает их поступление в манзурский аллювий из дополнительного источника (рис. 17), который на данном этапе исследования пока не определен.

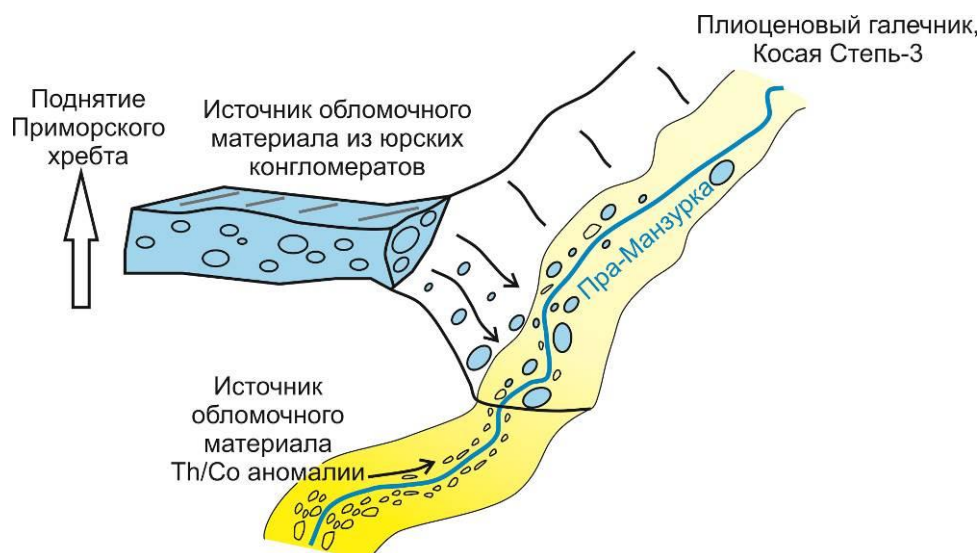


Рис. 17. Схема поступления обломочного материала в долину Пра-Манзурки из юрских конгломератов при поднятии Приморского хребта и из дополнительного источника с Th/Co аномалией.

Fig. 17. Scheme of entry of clastic material into the Pra-Manzurka valley from Jurassic conglomerates during uplift of the Primorsky Range and from another source with a Th/Co anomaly.

Сравнительный анализ состава цемента юрских конгломератов и песчаного наполнителя плиоценовых галечников показывает частичное сходство этого мелкообломочного материала. Песчаный наполнитель молодых галечников имеет Th/Co аномалию, тогда как цемент более древних конгломератов такой аномалии не имеет.

Обр. 112 отличается от других образцов пачки 5 разреза Косая Степь-3 самым низким содержанием SiO_2 (см. рис. 15), минимальным отношением $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, аномально высокими содержаниями $\text{FeO}_{\text{общ.}}$ и P_2O_5 , самыми высокими значениями CIA, ТМ, ГМ и ППП (см. рис. 14). Материал обр. 112 претерпел наиболее сильное выветривание. Снижение в нем роли SiO_2 и K_2O (по отношению к Na_2O) связано с неустойчивостью к выветриванию калиевого полевого шпата. Аномальное обогащение $\text{FeO}_{\text{общ.}}$, над слоем 1 с высоким отношением $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ отражает концентрирование железа на верхней границе этого слоя в субаридных климатических условиях. Представляет интерес также сопутствующее железу избыточное концентрирование P_2O_5 на верхней границе слоя 1.

Заключение

На северо-западном берегу Байкала впервые проведена общая оценка вклада среднеюрского обломочного материала Примор-

ского хребта в аллювий средней части долины Пра-Манзурки на основе сравнительного анализа состава среднеюрских и нижнеплиоценовых отложений. Выбраны объекты, удаленные друг от друга на расстояние около 150 км. Юрских конгломератов, расположенных ближе к долине Пра-Манзурки, не известно.

В манзурском аллювии средней части долины Пра-Манзурки обнаружены единичные трахидацит-риолитовые гальки, которые можно относить к размытым юрским конгломератам. Установлена существенная роль галек из других источников.

В составе мелкообломочного наполнителя манзурских галечников выявлены литогеохимические признаки вероятного присутствия в нем материала цемента юрских конгломератов. Наиболее показательна в этом отношении отрицательная Eu-аномалия, характерная не только для песчаного связующего материала юрских конгломератов и плиоценовых галечников, но и для трахидацит-риолитовых галек разновозрастных стратонов. Переход песчаного наполнителя к положительной Eu-аномалии может служить показателем возрастания роли материала, поступающего из источника метаморфических пород. Особенность источника (или источников) песчаного наполнителя манзур-

ских галечников проявляется в Th/Co аномалии.

Нерешенные вопросы

Более конкретная идентификация порций юрского материала в плиоцен-плейстоценовых галечниках будет выполнена при сравнительном анализе состава галек и связующей мелкообломочной составляющей среднеюрских и нижнеплиоценовых отложений обломочного материала Приморского хребта и аллювия южной (приголовуспенской) части долины Пра-Манзурки. Предполагается вовлечение в работу галек и связующего материала разновозрастных пород, содержащих до 70 % вишневых трахидацит-риолитовых галек (Логачев и др., 1964). В этом случае, может быть получено более близкое соответствие состава манзурского аллювия источнику юрских конгломератов.

Указание на то, что гальки эффузивов содержатся в харбатовском горизонте манзурского аллювия (Трофимов и др., 1995), который образовался несколько позже бугульдейского (рис. 7), требует проведения дополнительных наблюдений и опробования харбатовских галек. Действительно ли они имеют трахидацит-риолитовый состав, или состав эффузивов не имеет отношения к галькам эффузивов из юрских конгломератов?

Вклад авторов

На обнажениях манзурского аллювия и конгломератах района Листвянки ежегодно проводятся учебные практики студентов 1-го курса геологического факультета Иркутского государственного университета, а на юрских конгломератах района Больших Котов – учебные геологические практики студентов 2-го курса (Коваленко, 2016). 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 интерпретацию полученных данных до подготовки и оформления коллективной статьи в рамках проведения магистерского курса 2023 г. «Подготовка, оформление и пред-

ставление результатов научно-исследовательских и научно-производственных работ».

Благодарности

Аналитические исследования пород галек проводились в рамках работ Совместной лаборатории инженерной и динамической геологии Иркутского государственного университета и Института земной коры СО РАН. Для измерений микроэлементов использовался масс-спектрометр Agilent 7500ce ЦКП «Ультрамикрoанализ» 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.

Литература

Адаменко О.М., Адаменко Р.С., Белова В.А., Ивановский Л.Н., Кейда Э.П., Снытко В.А. Возраст моласс Южно-Байкальской впадины и этапность необайкальской фазы рифтогенеза // Проблемы рифтогенеза (мат-лы к симпозиуму по рифтовым зонам Земли). Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 1975. С.44–45.

Адаменко О.М., Адаменко Р.С., Кульчицкий А.А. Опорные разрезы и фауна мелких млекопитающих эоплейстоценовых отложений Прибайкалья // Кочковский горизонт Западной Сибири и его возрастные аналоги в смежных районах. Новосибирск: Изд-во «Наука». Сибирское отделение, 1980. С. 81–98.

Адаменко Р.С. Позднеплиоценовые мелкие млекопитающие из новых местонахождений в верховьях Лены // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1975. № 43. С. 136–145.

Белова В.А. Растительность и климат позднего кайнозоя юга Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. 156 с.

Гнибиденко З.Н., Адаменко О.М. Магнитобиостатиграфический разрез верхнеплиоценовых отложений Прибайкалья // Палеомагнетизм мезозоя и кайнозоя Сибири и Д.Востока. Новосибирск, 1976. С. 59–74.

Замараев С.М., Самсонов В.В. Геологическое строение и нефтегазоносность Селенгинской депрессии // Геология и нефтегазоносность Во-

сточной Сибири. М.: Госпотехиздат, 1959. С. 465–474.

Замараев С.М., Адаменко О.М., Рязанов Г.В., Кульчицкий А.А., Адаменко Р.С., Викентьева Н.М. Структура и история развития Предбайкальского предгорного прогиба // М.: Изд-во «Наука», 1976. 134 с.

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

Кононов Е.Е. Байкал. Аспекты палеогеографической истории. Иркутск, 2005. 125 с.

Кононов Е.Е. О новых данных по проблеме Пра-Манзурского канала стока байкальских вод // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 2 (55). С. 116–128.

Кононов Е.Е., Мац В.Д. История стока озера Байкал // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1986. № 6. С. 91–98.

Кононов Е.Е., Хлыстов О.М. О возрасте глубоководного Байкала // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 4. С. 118–129.

Логачев Н.А. Саяно-Байкальское становое нагорье // Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М.: Наука, 1974. С. 7–163.

Логачев Н.А., Ломоносова Т.К., Климанова В.М. Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра. М.: Изд-во «Наука», 1964. 195 с.

Лопатин Д.В. Трансбайкальская гидросистема плейстоцена // Геоморфология. 2016. № 2. С. 113–119.

Лопатин Д.В., Томилов Б.В. Древние долины Западного Прибайкалья в связи с проблемой образования Байкала // Речные системы и мелиорация. Новосибирск, 1977. Ч.2. С. 101–103.

Лопатин Д.В., Томилов Б.В. Возраст Байкала // Вестник СПбГУ. Сер. 7, 2004, выл. 1. С. 58–67.

Мигдисов А.А. О соотношении титана и алюминия в осадочных породах // Геохимия. 1960. № 2. С. 149–163.

Олиферовский Р.В., Седунова Е.А., Шаметова И.Б., Башкирцев А.В., Данилин Д.А., Монгуш А.Р., Коваленко С.Н., Ясныгина Т.А., Чувашова И.С., Саранина Е.В., Рассказов С.В. Источник

трахидацит-риолитовых галек среднеюрских конгломератов на северо-западном берегу Байкала: сопоставление галек с породами магматических комплексов верхнего палеозоя и мезозоя Забайкалья // Геология и окружающая среда. 2022. Т. 2, № 4. С. 53–79. DOI 10.26516/2541-9641.2022.4.53

Павлов С.Ф., Кашик С.А., Ломоносова Т.К., Мазиллов В.М., Климанова В.М., Рыбаков В.Г. Кайнозойские коры выветривания и осадочные формации Западного Прибайкалья. Новосибирск: Изд-во «Наука». Сибирское отделение, 1976. 160 с.

Павловский Е.В., Фролова Н.В. Древние долины Лено-Ангаро-Байкальского водораздела // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 1941. Т. XIX (1). С. 65–79.

Попова С.М. Эоплейстоценовые континентальные моллюски ангинской толщи Северо-Западного Прибайкалья // Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. М.: Наука, 1968. С. 252–258.

Попова С.М. Кайнозойская континентальная малакофауна юга Сибири и сопредельных территорий. М.: Наука, 1981. 186 с.

Путеводитель экскурсий А-13, С-13 (Прибайкалье) / Логачев Н.А., Адаменко О.М., Аксенов М.П., Базаров Д.Б., Белова В.А., Воробьева Г.А., Галкин В.И., Голдырев Г.С., Ендрихинский А.С., Ербаева М.А., Кононов Е.Е., Кравчинский А.Я., Кулагина Н.В., Мац В.Д., Медведев Г.И., Орлова Л.А., Осадчий С.С., Панычев В.А., Плешанов С.П., Покатилов А.Г., Попова С.М., Рассказов С.В., Ромазина А.А., Савельев Н.А., Свинин В.В., Сизиков А.М., Фирсов Л.В., Шимараева М.К. XI Конгресс ИНКВА. М.: Наука, 1981. 42 с.

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Усольцева М.В., Руднева Н.А., Митькин Д.Ю., Федин А.Ю. Пирокластика как показатель поднятия Икатского хребта относительно Баргузинской впадины Байкальской рифтовой зоны // География и природные ресурсы. 2016. № 5. С. 117–127.

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., Лузина И.В., Руднев А.Ф. Континентальный верхний мезозой Прибайкалья и Забайкалья. Новосибирск: 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.

Титов В.В., Тесаков А.С. Фаунистические ассоциации и палеоэкология Приазовья и сопредельных регионов в плейстоцене / Ранний и средний палеолит Приазовья: современное состояние исследований; под ред. А.К. Очередного, В.В. Титова. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2022. С. 27–40. DOI: 10.23885/978-5-4358-0227-6-2022-27-40

Трофимов А.Г. Палеопотамологический анализ манзурской толщи Западного Прибайкалья // Геолого-геоморфологические аспекты водохозяйственных проблем Сибири. Новосибирск: Наука, 1990. С. 100–104.

Трофимов А.Г., Малаева Е.М., Куликов О.А., Попова С.М., Куланина Н.В., Шибанова И.В., Уфимцев Г.Ф. Манзурский аллювий (материалы по геологии и палеогеографии). Иркутск, Институт земной коры СО РАН, 1995. 50 с.

Уфимцев Г.Ф., Кулагина Н.В., Щетников А.А., Фогт Т. Древние долины западного побережья Среднего Байкала // Геология и геофизика. 2000. Т. 44. № 7. С. 983–989.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 497 с.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.

Ясныгина Т.А., Маркова М.Е., Рассказов С.В., Пахомова Н.Н. Определение редкоземельных элементов, Y, 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 Geol-

ogy Review. 2021. V. 64, No. 1. P. 1–16. DOI: 10.1080/00206814.2020.1836683

Cullers R. L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo // Chemical Geology. 2002. V.191. № 4. P. 305–327.

Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715–717.

Rasskazov S.V., Al Hamud A., Kononov E.E., Kolomiets V.L., Budaev R.Ts., Hassan A., Tregub T.F., Kulagina N.V., Yasnygina T.A., Chuvashova I.S. The main structural reorganization of the South Baikal Basin: Early Pliocene initiation of strong tectonic deformations and the Lena runoff from Lake Baikal // Limnology and Freshwater Biology 2020 (1): 332–334

Tomilov B.V. Age of Pleistocene Baikal formation // International project on paleolimnology and Late Cenozoic climate. JPPCCE News letters. 1996. No. 9. P. 34–40.

References

Adamenko O.M., Adamenko R.S., Belova V.A., Ivanovsky L.N., Keida E.P., Snytko V.A. Age of molasse of the South Baikal depression and stages of the Neo-Baikal phase of rifting // Problems of rifting (materials for the symposium on the rift zones of the Earth). Irkutsk: Institute of the Earth's Crust SB RAS, 1975. P. 44–45.

Adamenko O.M., Adamenko R.S., Kulchitsky A.A. Reference sections and fauna of small mammals of the Eopleistocene deposits of the Baikal region // Kochkovsky horizon of Western Siberia and its age analogues in adjacent areas. Novosibirsk: Publishing house "Science". Siberian Branch, 1980. P. 81–98.

Adamenko R.S. Late Pliocene small mammals from new localities in the upper reaches of the Lena // Bulletin of the Commission for the Study of the Quaternary Period. 1975. No. 43. P. 136–145.

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

Belova V.A. Vegetation and climate of the late Cenozoic in the south of Eastern Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1985. 156 p.

Cullers R. L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo // *Chemical Geology*. 2002. V.191. No. 4. P. 305–327.

Gnibidenko Z.N., Adamenko O.M. Magnetobiostratigraphic section of the Upper Pliocene deposits of the Baikal region // *Paleomagnetism of the Mesozoic and Cenozoic of Siberia and the Far East*. Novosibirsk, 1976. P. 59–74.

Kovalenko S.N. Educational field practice on geological surveying at the Baikal: a textbook. Irkutsk: ISU Publishing House, 2016. 183 p.

Kononov E.E. Baikal. Aspects of paleogeographic history. Irkutsk, 2005. 125 p.

Kononov E.E. On new data on the problem of the Pra-Manzurka drainage canal Baikal waters // *News of the Siberian Branch of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, prospecting and exploration of ore deposits*. 2016. Vol. 2, No. 55. P. 116–128.

Kononov E.E., Mats V.D. History of the flow of Lake Baikal // *Izv. Universities. Geology and exploration*. 1986. No. 6. P. 91–98.

Kononov E.E., Khlystov O.M. About the age of deep-sea Baikal // *News of the Siberian Branch of the Section of Geosciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, exploration and development of mineral deposits*. 2017. Vol. 40, No. 4. P. 118–129.

Logatchev N.A. Sayan-Baikal Stanovoe Highlands // *Highlands of the Baikal region and Transbaikalia*. Moscow: Nauka, 1974. P. 7–163.

Logatchev N.A., Lomonosova T.K., Klimanova V.M. Cenozoic deposits of the Irkutsk amphitheater. Moscow: Publishing house "Nauka", 1964. 195 p.

Lopatin D.V. Transbaikal hydraulic system of the Pleistocene // *Geomorphology*. 2016. No. 2. P. 113–119.

Lopatin D.V., Tomilov B.V. Ancient valleys of the Western Baikal region in connection with the problem of the formation of the Baikal // *River systems and reclamation*. Novosibirsk, 1977. Part 2. P. 101–103.

Lopatin D.V., Tomilov B.V. Age of Baikal // *Bulletin of St. Petersburg State University. Ser. 7*, 2004, Issue 1. P. 58–67.

Migdisov A.A. On the ratio of titanium and aluminum in sedimentary rocks // *Geochemistry*. 1960. No. 2. P. 149–163.

Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // *Nature*. 1982. V. 299. P. 715–717.

Oliferovsky R.V., Sedunova E.A., Shametova I.B., Bashkirtsev A.V., Danilin D.A., Mongush A.R., Kovalenko S.N., Yasnygina T.A., Chuvashova I.S.S., Saranina E.V., Rasskazov S.V. Source of trachydacite-rhyolite pebbles of Middle Jurassic conglomerates on the northwestern shore of Lake Baikal: comparison of pebbles with rocks of igneous complexes of the Upper Paleozoic and Mesozoic of Transbaikalia // *Geology and Environment*. 2022. Vol. 2, No. 4. P. 53–79. DOI 10.26516/2541-9641.2022.4.53

Pavlov S.F., Kashik S.A., Lomonosova T.K., Mazilov V.M., Klimanova V.M., Rybakov V.G. Cenozoic weathering crusts and sedimentary formations of the Western Baikal region. Novosibirsk: Publishing house "Science". Siberian Branch, 1976. 160 p.

Pavlovsky E.V., Frolova N.V. Ancient valleys of the Lena-Angara-Baikal watershed // *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geol. Section*. 1941. Vol. XIX, No. 1. P. 65–79.

Popova S.M. Eopleistocene continental mollusks of the Anga sequence of the North-Western Baikal region // *Mesozoic and Cenozoic lakes of Siberia*. Moscow: Nauka, 1968. P. 252–258.

Popova S.M. Cenozoic continental malacofauna of southern Siberia and adjacent territories. Moscow: Nauka, 1981. 186 p.

Rasskazov S.V., Al Hamud A., Kononov E.E., Kolomiets V.L., Budaev R.Ts., Hassan A., Tregub T.F., Kulagina N.V., Yasnygina T.A., Chuvashova I.S. The main structural reorganization of the South Baikal Basin: Early Pliocene initiation of strong tectonic deformations and the Lena runoff from Lake Baikal // *Limnology and Freshwater Biology* 2020 (1): 332–334

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Usoltseva M.V., Rudneva N.A., Mitkin D.Yu., Fedin A.Yu. Pyroclastics as an indicator of the uplift of the Ikat ridge relative to the Barguzin depression of the Baikal rift zone // *Geography and Natural Resources*. 2016. No. 5. P. 117–127.

Guide to excursions A-13, C-13 (Baikal region) / Logatchev N.A., Adamenko O.M., Aksenov M.P., Bazarov D.B., Belova V.A., Vorobyova G.A., Gal-

kin V.I., Goldyrev G.S., Endrikhinsky A.S., Erbaeva M.A., Kononov E.E., Kravchinsky A.Ya., Kulagina N.V., Mats V.D., Medvedev G. I., Orlova L.A., Osadchiy S.S., Panychev V.A., Pleshanov S.P., Pokatilov A.G., Popova S.M., Rasskazov S.V., Romazina A.A., Savelyev N.A., Svinin V.V., Sizikov A.M., Firsov L.V., Shimaraeva M.K. XI Congress of INQUA. Moscow: Nauka, 1981. 42 p.

Semeykina L.K. Petrographic composition of conglomerate pebbles and subdivision of Jurassic coarse clastic deposits in the southeastern part of the Irkutsk coal-bearing basin // Problem of ages of geological formations in Southern Siberia and directions of its decisions with aim of creation of legends for geological maps (abstracts of reports). East Siberian Scientific Institute of Geology, Geophysics, and Mineral Resources: Irkutsk. 1980, P. 130–131.

Sizykh Yu.I. General scheme of chemical analysis of rocks and minerals. Open file report. Institute of the Earth's Crust SB AS USSR: Irkutsk, 1985. 50 p.

Skoblo V.M., Lyamina N.A., Rudnev A.F., Luzina I.V. Continental Upper Mesozoic of Cisbaikalia and Transbaikalia (stratigraphy, sedimentation conditions, correlations). Publishing House of SB RAS, 2001. 332 p.

Tauson L.V., Antipin V.S., Zakharov M.N., Zubkov V.S. Geochemistry of Mesozoic latites in Transbaikalia. Novosibirsk: Nauka, 1984. 215 p.

Titov V.V., Tesakov A.S. Faunal associations and paleoecology of the Azov region and adjacent regions in the Pleistocene / Early and Middle Paleolithic of the Azov region: current state of research; edited by A.K. Ocherednoy, V.V. Titov. Rostov-on-Don: Publishing house of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2022. P. 27–40. DOI: 10.23885/978-5-4358-0227-6-2022-27-40

Tomilov B.V. Age of Pleistocene Baikal formation // International project on paleolimnology and Late Cenozoic climate. JPPCCE News letters. 1996. No. 9. P. 34–40.

Trofimov A.G. Paleopotamological analysis of the Manzurka strata of the Western Baikal region // Geological and geomorphological aspects of water management problems of Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1990. P. 100–104.

Trofimov A.G., Malaeva E.M., Kulikov O.A., Popova S.M., Kulanina N.V., Shibanova I.V., Ufimtsev G.F. Manzurka alluvium (materials on geology and paleogeography). Irkutsk, Institute of the Earth's Crust SB RAS, 1995. 50 p.

Ufimtsev G.F., Kulagina N.V., Shchetnikov A.A., Vogt T. Ancient valleys of the western coast of Middle Baikal // Geology and Geophysics. 2000. Vol. 44, No. 7. P. 983–989.

Yasnygina T.A., Markova M.E., Rasskazov S.V., Pakhomova N.N. Determination of rare earth elements, Y, Zr, Nb, Hf, Ta, Ti in standard samples of the DV series by ICP-MS // Zavodskaya lab. Materials diagnostics. 2015. V. 81, No. 2. P. 10–20.

Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Fundamentals of lithochemistry. St. Petersburg: Nauka, 2000. 497 p.

Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Geochemical indicators of lithogenesis (lithological geochemistry). Syktyvkar: Geoprint, 2011. 742 p.

Zamaraev S.M., Samsonov V.V. Geological structure and oil and gas potential of the Selenga depression // Geology and oil and gas potential of Eastern Siberia. Moscow: Gospotekhizdat, 1959. P. 465–474.

Zamaraev S.M., Adamenko O.M., Ryazanov G.V., Kulchitsky A.A., Adamenko R.S., Vikentyeva N.M. Structure and history of the development of the Pre-Baikal foothill basin // Moscow: Publishing house "Nauka", 1976. 134 p.

Монгуш Алсу Рахметовна,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
магистрант второго курса,
тел.: 89842769474,
email: alsumongush@mail.ru.

Mongush Alsu Rakhmetovna,
664025 Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
undergraduate student of the second course
email: alsumongush@mail.ru.

Бокарева Анастасия Александровна,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
магистрант второго курса,
email: nastiita@rambler.ru.

Bokareva Anastasiya Akexandrovna,
664025 Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
undergraduate student of the second course,
email: nastiita@rambler.ru.

Подлинов Алексей Николаевич,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
магистрант второго курса,
тел.: 89842769474,
email: podlinov8@mail.ru.

Podlinov Alexey Nikolaevich,
664025 Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
undergraduate student of the second course,
email: podlinov8@mail.ru.

Прокопчик Владимир Владимирович,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
магистрант второго курса,
email: prokopchk3829@mail.ru.

Prokopchik Vladimir Vladimirovich,
664025 Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
undergraduate student of the second course,
email: prokopchk3829@mail.ru.

Риттер Владислав Станиславович,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
магистрант второго курса,
email: vlad.ritter00@mail.ru.

Ritter Vladislav Stanislavovich,
664003 Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
undergraduate student of the second course,

email: vlad.ritter00@mail.ru.

Максимов Никита Михайлович,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
магистрант второго курса,
email: nikitajro1@mail.ru.

Maksimov Nikita Mikhailovich,
664025 Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
undergraduate student of the second course,
email: nikitajro1@mail.ru.

Калинин Вячеслав Сергеевич,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
магистрант второго курса,
email: slavochka_kalinin_00@mail.ru.
Kalinin Vyacheslav Sergeevich,
664025 Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
undergraduate student of the second course,
email: slavochka_kalinin_00@mail.ru.

Заринов Максим Сергеевич,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
магистрант второго курса,
email: zarynov.2000@mail.ru.
Zaripov Maxim Sergeevich
664003 Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
undergraduate student of the second course,
email: zarynov.2000@mail.ru.

Дамбаев Содном Амагаланович,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
магистрант второго курса,
email: sodadambaev13@gmail.com.
Dambaev Sodnom Amagalanovich,
664025 Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
undergraduate student of the second course,
email: sodadambaev13@gmail.com.

Коваленко Сергей Николаевич,
кандидат геолого-минералогических наук,
664025 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
доцент кафедры динамической геологии,
тел.: (3952)20-16-39,
email: igrug@mail.ru.
Kovalenko Sergei Nikolaevich,
Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
664025 Irkutsk, st. Lenina, 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, Senior Researcher,
664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128,
Institute of the Earth's Crust SB RAS,
tel.: (3952) 51–16–59,
email: ty@crust.irk.ru.*

Чувашова Ирина Сергеевна,
*кандидат геолого-минералогических наук,
664025 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, Senior Researcher,
664025 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, Senior Engineer,
664033 Irkutsk, st. Lermontova, 128,
Institute of the Earth's Crust SB RAS,
Lead Engineer,
664033 Irkutsk, Favorskiy str., 1 "A",
A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS,
email: e_v_sar@mail.ru.*

Рассказов Сергей Васильевич,*доктор геолого-минералогических наук, профессор,**664025 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,**664025 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.*
