



УДК 550.4: 552.4 (1-925.16)

Литохимические характеристики и геодинамическая природа метаосадочных пород ононской и чиндантской свит (Восточное Забайкалье)

Ю. В. Носкова, С. И. Дриль

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН

С. А. Сасим

Иркутский государственный университет

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН

О. В. Зарубина

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН

Аннотация. Рассмотрены петрографические и литогеохимические характеристики метаосадочных пород ононской и чиндантской свит восточнозabayкальского сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса. Породы данных свит слагают основной объем Ононского аккреционного комплекса. Аккреционные комплексы являются важнейшими геологическими структурами, изучение которых проливает свет на отдельные этапы геодинамической эволюции орогенных поясов, и несут в себе информацию о природе осадочного материала, участвующего в их строении. На основе петрохимической классификации А. Н. Неелова реконструированы вероятные протолиты исследуемых пород: для ононской свиты таковыми являлись мономиктовые псаммитолиты и полимиктовые песчаники, алевролиты; для чиндантской свиты – полимиктовые песчаники и алевролиты, аргиллиты. Более низкие значения гидролизатного и алюмокремниевоего модулей, с одной стороны, и более высокое содержание кремнезема, с другой, в исследуемых породах (по сравнению с островодужными источниками), вероятно, связаны с наличием в их протолитах пелагических осадков. Редкоземельные характеристики изученных метаосадочных пород также подтверждают, что в формировании протолита осадочных пород определяющую роль играли два типа осадочного материала – терригенный, присутствующий на континентальном склоне, и биогенный (кремнистый), характерный для пелагиальной зоны океана. Таким образом, на основе совокупности петрохимических и геохимических характеристик установлено, что наиболее вероятной геодинамической обстановкой формирования осадочного материала изученных пород ононской и чиндантской свит являлась активная континентальная окраина с участием пелагических осадков. Подобные геодинамические условия в наибольшей степени реализуются в пределах аккреционного клина, формирующегося перед зоной субдукции.

Ключевые слова: Монголо-Охотский пояс, Восточное Забайкалье, аккреционная призма, субдукция, метаосадочные породы, геодинамические реконструкции, геохимия осадочных пород.

Введение

Аккреционные комплексы, или аккреционные призмы, представляют собой масштабные геологические структуры, формирующиеся на конвергентных границах литосферных плит, перед фронтом островных дуг или активных континентальных окраин [9; 13]. В аккреционных призмах происходит пространственное совмещение осадочного материала, поступающего в глубоководный желоб с надсубдукционного вулканического пояса и прилегающих континентальных территорий, а также осадочного материала, переносимого субдуцируемой океанической плитой, включая фрагменты магматической части океанической коры. Длительность формирования аккреционной призмы примерно соответствует времени существования сопряженной субдукционной геодинамической обстановки [7; 13]. Таким образом, структурно-вещественные комплексы аккреционных призм несут в себе информацию о природе источников осадочного материала, поступающего в современные океанические бассейны, и являются важнейшими индикаторами условий накопления осадочного материала в палеоокеанических бассейнах, на месте которых формировались внутриконтинентальные орогенные пояса [3].

Согласно существующим представлениям [5; 8], Монголо-Охотский орогенный пояс (МОП) на всем своем протяжении из Северной Монголии вплоть до Тихого океана маркируется террейнами аккреционных клиньев, что свидетельствует о масштабных процессах субдукции, имевших место по периферии Монголо-Охотского палеоокеана. В забайкальском сегменте МОП в составе Ононского террейна аккреционного клина объединены образования четырех вулканогенно-осадочных свит – кулиндинской, ононской, чиндантской и усть-борзинской [8]. Породы свит метаморфизованы в фации зеленых сланцев и в некоторых случаях – в амфиболитовой фации.

Цель настоящего исследования заключается в установлении природы протолита и геодинамической позиции метаосадочных пород ононской и чиндантской свит на основе литохимических и геохимических данных. Породы данных свит составляют большую часть объема Ононского террейна аккреционного клина.

Методы исследования

Полированные шлифы горных пород были исследованы с помощью поляризационного микроскопа «ПОЛАМ-Д-213».

Содержание петрогенных компонентов и редкоземельный состав пород объектов исследования проанализирован на широкий круг главных и редких элементов в лабораториях Института геохимии им. А. П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН). Силикатный анализ пород проводился методом РФА на рентгенофлуоресцентном спектрометре «СРМ-25» (аналитик – А. Л. Финкельштейн). Микроэлементный состав пород (Ti, Zr, REE, Th, U) проводился методом элементной масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) на приборе Element-2 (аналитик – В. И. Ложкин).

Возраст и особенности геологического строения опорных участков опробования пород ононской и чиндانتской свит

Отложения ононской и чиндانتской свит детально исследовались в стратотипических местностях этих отложений – в районе пос. Оловянная и пади Кулинда, а также в районе ст. Ага. Отложения чиндانتской свиты исследовались по левобережью р. Онон в районе пос. Чиндانت-1. Типичные геологические соотношения отложений ононской свиты показаны на геологической схеме пос. Оловянная и пади Кулинда в Восточном Забайкалье (рис. 1).

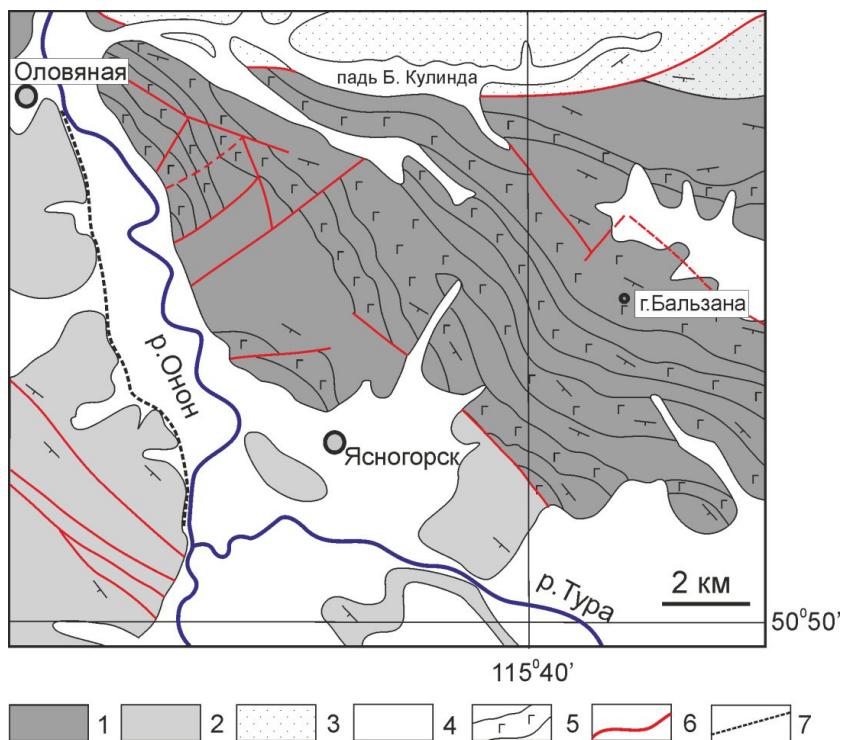


Рис. 1. Геологическая схема участков детального исследования пород ононской свиты Восточного Забайкалья в районе пос. Оловянная и пади Кулинда: 1 – отложения кулиндинской свиты ($S^?-D_1$), 2 – отложения ононской свиты ($S^?-D_1$), 3 – отложения икагийской (J_1) и акатуевской свит (J_{1-2}), 4 – четвертичные отложения, 5 – прослои метабазитов в составе кулиндинской и ононской свит, 6 – разломы, 7 – маршруты опробования метаосадочных пород ононской свиты

В пределах пади Кулинда отложения ононской свиты имеют в целом моноклинальное залегание с углами падения $20-25^\circ$ в юго-западных румбах, а в районе ст. Ага они залегают с углом падения $5-50^\circ$ в южных румбах. Отложения ононской свиты всегда залегают стратиграфически выше отложений кулиндинской свиты.

Коренные выходы пород ононской свиты представлены чередованием серых и серебристо-серых кварц-хлорит-серицитовых и хлорит-серицитовых сланцев (преобладают в разрезе), буровато-серых кварцитов, серых метаалевролитов, серых кварцитовидных песчаников. Породы залегают в виде простых складок (5–10 м), периодически осложненных так называемыми зеркалами плейчатости (первые сантиметры). Направление падения пород – юго-западное, с углом падения 30–50°. Сланцеватость пород совпадает со слоистостью.

Породы чиндантской свиты были исследованы на левом берегу р. Онон напротив с. Чиндант. Они представлены коренными существенно сланцеватыми светло-зеленовато-серыми до светло-буровато-серых плитчатыми микроплейчатыми кварц-серицитовыми сланцами мощностью 2–4 м с редкими кварцевыми прожилками до 10–15 см. Ниже по разрезу залегает слой темно-буровато-серых метаалевролитов грубоплитчатых, почти комковатых, мощностью 2–3 м, залегающий на слое серых, желтовато-серых микрозернистых полимиктовых метапесчаников. Видимая мощность слоя – 30–50 м. Этот тип пород составляет 70–80 % разреза. К востоку наблюдается преобладание в разрезе переслаивающихся зеленовато-серых метапесчаников и метаалевролитов (доминируют) с плитчатой и оскольчатой отдельностью, нередко ожелезненных по трещинам и видимой мощностью до 100 м. В пачке переслаивающихся метапесчаников и метаалевролитов наблюдаются редкие тонкие прожилки молочно-белого кварца. Выше по разрезу залегает слой грубоплитчатых до комковатых темно-зелено-серых кварц-хлорит-эпидотовых сланцев мощностью 3–4 м. Сложение пород массивное, кварцевых прожилков практически нет. Они перекрываются слоем плитчатых тонкослоистых сиренево-серых метаалевролитов мощностью 50 м. Выше по разрезу отмечается переслаивание сиреневых неяснослоистых алевролитов, имеющих линзовидную отдельность с зелеными сланцами.

Петрография

Петрографическими разновидностями метаосадочных пород исследуемых свит являются стильпномелан-серицит-кварцевые, хлорит-серицит-кварцевые, кварц-серицитовые сланцы и микрокварциты.

В составе ононской свиты присутствуют слюдястые сланцы и слюдястые кварциты, представленные сидерофиллит-серицит-кварцевыми, хлорит-серицит-кварцевыми и серицит-кварцевыми разновидностями с микрозернистой лепидогранобластовой структурой и слоистой текстурой (рис. 2).

Для чиндантской свиты более характерны серицит-кварцевые и хлорит-серицит-кварцевые парагенезисы кристаллосланцев, в которых часто отмечаются реликтовые обломочные зерна кварца и плагиоклаза, сохранившего следы первичного двойникования.

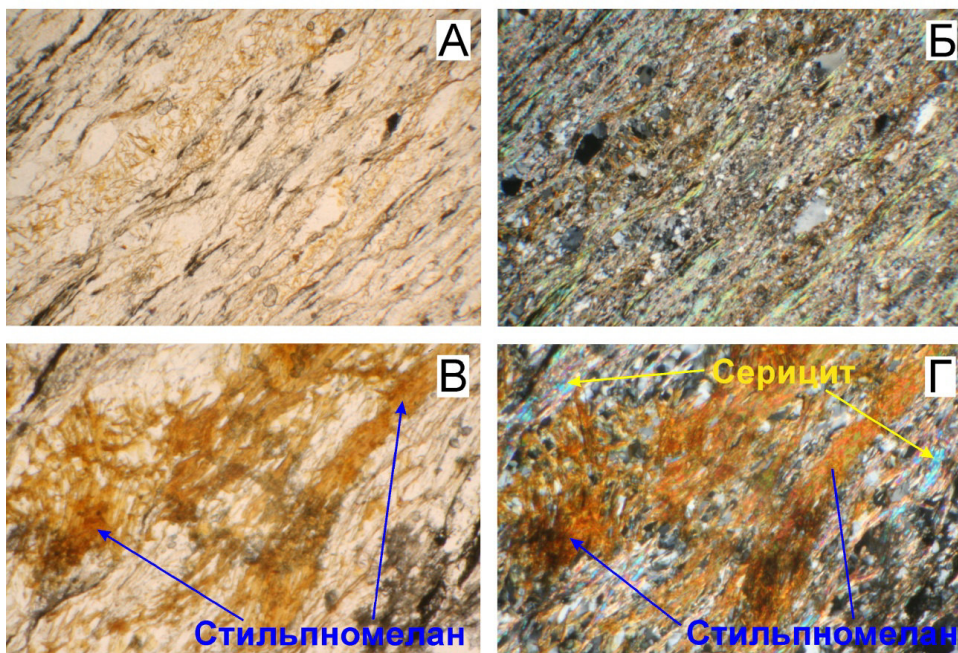


Рис. 2. Фотографии микроструктур стильпномелан-серицит-кварцевых сланцев ононской свиты. А, Б – увеличение 20х: А – в параллельных николях, Б – в скрещенных николях. На фотографиях отчетливо просматривается лепидогранобластовая структура. В, Г – увеличение 80х: В – в параллельных николях, Г – в скрещенных николях. Фотографии демонстрируют характер взаимоотношения и выделения серицита и стильпномелана

Классификация и петрохимические особенности исследуемых пород

Содержание петрогенных элементов, а также отдельных редких элементов в породах ононской и чиндантской свит приведено в табл. Для реконструкции первичного состава (установления первичной природы метаморфических пород) использована петрохимическая классификация А. Н. Неелова [6], основанная на петрохимических параметрах $a-b$ ($Al/Si - Fe + Mn + Mg + Ca$), рассчитанных в атомных количествах. Алюмокремниевый модуль a , используемый в данной классификации, отражает (в первом приближении) глинистость обломочных пород, что дает возможность выделять на диаграмме поля песчаников, алевролитов и пелитов, границы которых в основном совпадают с литологическими. Параметр b определяет общую меланократовость породы, включая CaO в составе полевых шпатов. На рисунке 3 показано, что основная часть исследуемых пород сосредоточена в полях песчаников (граувакк), алевролитов и аргиллитов (поля III, IV и V).

Породы ононской свиты преимущественно локализованы в области полимиктовых алевролитов. Отдельные составы метаосадочных пород ононской свиты отвечают, согласно классификации Неелова, мономиктовым

псаммитолитам, полимиктовым песчаникам и полимиктовым песчаникам повышенной фемичности.

Составы метаосадочных пород чиндантской свиты образуют относительно обособленное расположение фигуративных точек в областях полимиктовых песчаников, полимиктовых алевролитов (с прямой корреляцией параметров $a-b$ при значениях a от 0,18 до 0,28 и b от 0,05 до 0,12) и алевропелитовых аргиллитов (с обратной корреляцией параметров $a-b$ при значениях $a - 0,30-0,38$ и $b - 0,14-0,26$).

Параметр b в породах ононской свиты изменяется от 0,02 до 0,21 (преимущественно от 0,08 до 0,14) при параметре a от 0,20 до 0,33. В единичной пробе, литологически отвечающей микрокварциту (Ку 19-3), величина параметра a достигает 0,02 при параметре $b = 0,06$.

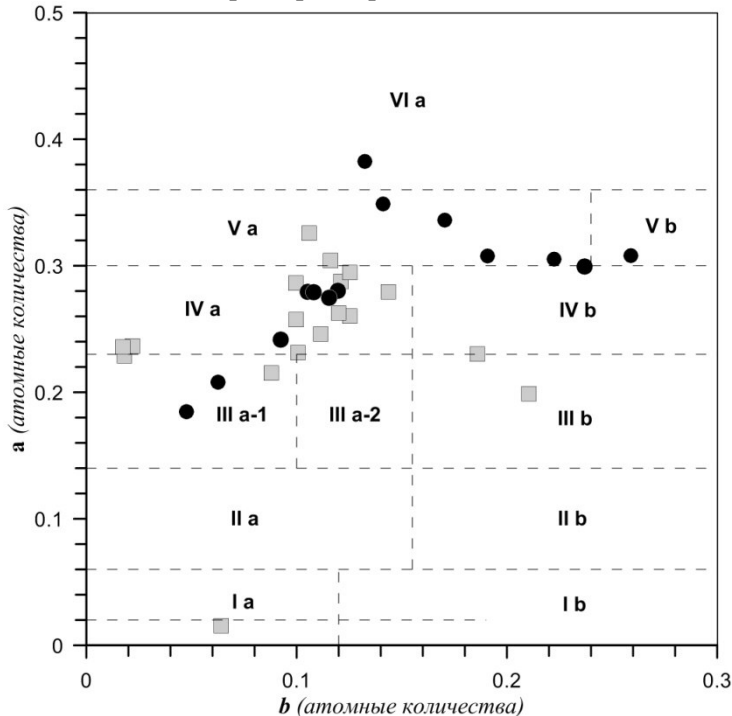


Рис. 3. Диаграмма $a-b$ ($Al/Si - Fe + Mn + Mg + Ca$; атомные количества) по [6] для метатерригенных пород ононской и чиндантской свит Восточного Забайкалья. Поля составов пород: I – мономиктовые псаммитолиты и ультрасилициты: Ia – слабокарбонатистые (слабожелезистые), Ib – карбонатистые (железистые); II – олигомиктовые псаммитолиты и силициты: IIa – слабокарбонатистые (слабожелезистые), IIb – карбонатистые (железистые); III – песчаники: IIIa – полимиктовые песчаники, IIIb – граувакковые, карбонатистые и железистые полимиктовые песчаники, туффиты среднего и основного состава; IV – алевролиты: IVa – полимиктовые алевролиты, IVb – граувакковые алевролиты, пелит-алевролитовые аргиллиты, туффиты основного состава, глиноземистые граувакки, карбонатистые и железистые алевролиты; V – аргиллиты: Va – алевропелитовые аргиллиты, Vb – карбонатистые и железистые аргиллиты, Vc – карбонатные аргиллиты; VIa – пелитовые аргиллиты. Точки составов пород ононской свиты показаны серыми квадратами, чиндантской свиты – черными кружками

Таблица
Содержание петрогенных (мас. %) и редких (мкг/г) элементов в метасадочных породах онойской и чиндантской свит

Объект	Онойская свита														
	АЛВ					ПСМ					АРГ				
	19	19-5	19-7	24-3	24-6	24-7	19-3	19-4	19-6	19	19-5	19-7	24-3	24-6	24-7
Тип породы															
Проба															
SiO ₂	67,12	70,33	74,12	70,04	65,92	68,34	93,43	72,54	74,66	65,14	64,63				
TiO ₂	0,59	0,47	0,04	0,52	0,62	0,56	0,10	0,48	0,07	0,69	0,72				
Al ₂ O ₃	16,31	13,81	14,89	14,63	16,49	15,23	1,23	13,24	14,5	16,81	17,86				
FeO _{общ}	4,17	2,96	0,85	3,99	3,99	4,35	1,78	2,98	0,81	4,42	4,07				
MnO	0,07	0,07	0,04	0,17	0,06	0,33	0,72	0,05	0,04	0,05	0,05				
MgO	1,35	0,99	0,07	1,97	2,23	2,00	0,43	1,01	0,12	1,86	1,55				
CaO	0,35	1,87	0,43	0,22	0,73	0,25	1,02	1,13	0,18	0,39	0,53				
Na ₂ O	2,63	4,18	4,24	2,07	3,38	2,35	—	3,07	4,42	3,15	3,44				
K ₂ O	3,76	2,18	4,25	2,97	3,11	3,01	0,09	2,81	4,37	3,53	3,86				
P ₂ O ₅	0,15	0,11	0,01	0,11	0,12	0,13	0,04	0,08	0,02	0,18	0,17				
п. п. п.	2,89	2,61	0,92	2,74	2,81	2,86	0,81	2,12	0,67	3,13	2,5				
Сумма	99,91	99,95	99,97	99,92	99,95	99,95	99,87	99,88	99,96	99,9	99,88				
K ₂ O/Na ₂ O	1,43	0,52	1,00	1,43	0,92	1,28	—	0,92	0,99	1,12	1,12				
La	65,0	37,0	4,3	10,9	8,8	10,7	10,9	39,0	9,8	12,1	16,2				
Ce	62,7	67,1	8,4	50,6	35,6	58,8	15,1	76,9	9,5	32,4	43,5				
Pr	7,3	7,3	0,9	2,2	1,6	2,3	2,3	8,5	1,3	2,6	3,2				
Nd	30,5	29,4	4,4	8,8	6,1	9,1	9,8	34,1	5,6	10,2	12,8				
Sm	6,2	5,5	2,1	1,7	1,1	1,9	1,9	6,3	2,1	1,9	2,4				
Eu	1,10	1,09	0,21	0,31	0,26	0,37	0,68	1,21	0,22	0,40	0,47				
Gd	6,2	5,3	2,4	1,6	1,1	2,3	2,4	5,9	2,2	1,8	2,0				
Tb	0,9	0,8	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,9	0,4	0,3	0,3				
Dy	5,5	4,6	2,3	1,6	1,2	1,9	2,2	4,9	2,0	1,5	1,7				
Ho	1,1	0,9	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,9	0,3	0,3	0,4				
Er	3,2	3,1	1,4	1,1	0,9	1,3	1,2	2,9	0,7	1,0	1,2				
Tm	0,5	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2				

Продолжение табл.

Объект	Ононская свита												
	АЛВ						ПСМ						АРГ
	19	19-5	19-7	24-3	24-6	24-7	19-3	19-4	19-6	22	24		
Тип породы													
Проба													
Yb	3,3	2,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,2	3,1	0,7	1,0	1,3		
Lu	0,5	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2		
Th	12,2	12,2	21,5	3,2	2,8	3,1	0,9	11,4	21,0	4,4	3,4		
U	2,7	2,6	11,2	1,5	1,8	1,8	0,7	2,4	3,9	1,8	1,8		
Zr	201	180	49	146	181	177	58	221	55	183	221		
Sc	13,0	15,0	3,0	3,3	6,1	2,8	11,0	8,4	3,0	4,6	3,6		
(La/Yb)n	1,46	1,00	0,42	0,78	0,51	0,56	0,69	0,93	1,06	0,86	0,91		
(La/Sm)n	1,54	0,98	0,31	0,94	1,19	0,83	0,87	0,91	0,70	0,93	0,98		
Eu/Eu*	0,83	0,94	0,44	0,86	1,13	0,87	1,49	0,92	0,48	1,01	0,99		
Ce/Ce*	0,62	0,94	0,97	2,36	2,18	2,74	0,70	0,97	0,60	1,34	1,38		
La/Sc	5,00	2,47	1,43	3,37	1,45	3,87	0,99	4,64	3,27	2,64	4,50		
Ti/Zr	17,59	15,66	4,88	21,39	20,55	18,92	10,34	13,04	7,60	22,61	19,52		
ClA	65,18	55,82	55,45	68,21	63,24	67,45	54,56	59,22	54,39	64,25	63,39		
ГМ	0,32	0,25	0,21	0,28	0,33	0,30	0,04	0,24	0,21	0,34	0,36		
АМ	0,24	0,20	0,20	0,21	0,25	0,22	0,01	0,18	0,19	0,26	0,28		
ФМ	4,19	2,98	0,86	4,02	4,02	4,38	1,78	2,99	0,81	4,45	4,09		
ТМ	0,04	0,03	0,01	0,04	0,04	0,04	0,08	0,04	0,01	0,04	0,04		

Окончание табл.

Объект	Чиндантикская свита													
	АЛВ				ПСМ				АРГ					
Тип породы	33	33-1	33-4	33-5	33-8	31-4	35-1	33-3	34-2	34-9	35	32		
Проба	67,58	67,57	70,84	58,81	67,36	77,31	74,69	60,79	57,39	60,6	59,79	61,87		
SiO ₂	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3	0,7	0,4	0,3	0,5		
Lu	—	16,2	10,1	—	—	—	—	—	—	—	—	15,3		
Th	—	2,9	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—	3,5		
U	239	242	239	218	230	154	171	181	210	195	327	262		
Zr	18,0	19,0	12,0	28,0	17,0	6,6	8,0	17,0	18,0	23,0	11,0	18,1		
Sc	0,61	0,94	0,95	0,74	0,58	0,83	0,82	0,74	0,71	0,88	1,00	1,02		
(La/Yb)n	1,39	0,97	0,97	0,59	0,64	1,28	0,68	0,67	0,59	0,63	1,02	0,98		
(La/Sm)n	0,53	0,92	1,14	0,83	0,82	0,67	0,80	0,65	0,64	0,80	0,90	1,04		
Eu/Eu*	0,95	1,02	0,95	0,91	1,12	0,92	1,06	1,12	0,93	1,05	0,94	0,95		
Ce/Ce*	1,89	2,10	2,47	1,39	1,29	3,94	2,38	1,82	3,11	1,65	3,45	2,57		
La/Sc	15,30	14,86	14,05	17,60	16,94	12,07	15,08	22,85	18,56	22,75	14,48	18,99		
Ti/Zr	63,42	66,55	60,46	67,33	61,68	57,06	57,19	64,16	61,42	67,28	61,08	61,00		
СIА	0,31	0,32	0,26	0,50	0,31	0,19	0,21	0,41	0,50	0,43	0,43	0,40		
ГМ	0,24	0,24	0,21	0,25	0,23	0,16	0,18	0,26	0,26	0,29	0,32	0,30		
АМ	4,05	4,30	2,96	12,54	3,96	1,94	1,81	7,43	11,89	6,96	4,83	4,93		
ФМ	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05		
ТМ														

Примечание. Принятые сокращения типов пород (протолитов): полимиктовые псаммитолиты (ПСМ), алевролиты (АЛВ), алевро-пелитовые аргиллиты и аргиллиты (АРГ). Прочерком отмечены элементы, по которым отсутствуют данные.

Метаосадочные породы ононской и чиндантской свит на диаграмме Дж. Ф. Петтиджона [17] располагаются главным образом в области полей граувакк, что может свидетельствовать о поступлении в бассейн осадконакопления материала размыва вулканитов основного – среднего состава, а единичные точки составов расположены на границе граувакк и лититов и в области последних (рис. 4).

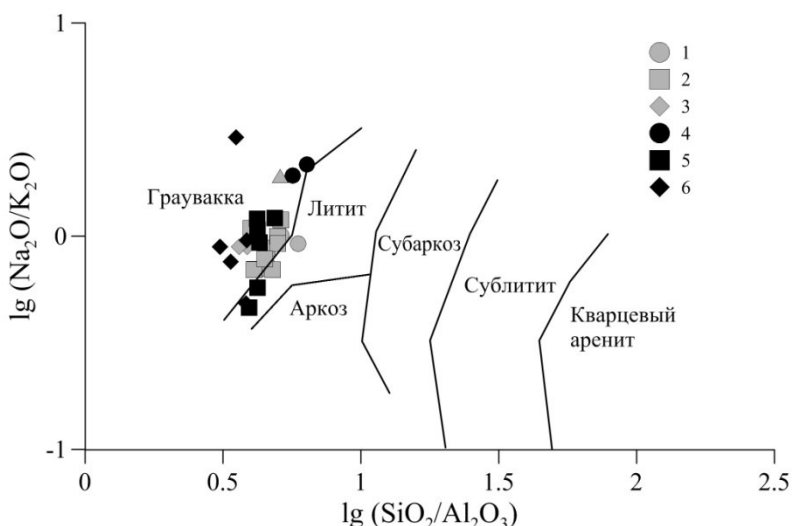


Рис. 4. Классификационная диаграмма Дж. Ф. Петтиджона [17] для метаосадочных пород ононской и чиндантской свит. Выделенные протолиты исследуемых пород по [6]: 1 – полимиктовые песчаники ононской свиты; 2 – алевролиты ононской свиты; 3 – аргиллиты ононской свиты; 4 – полимиктовые песчаники чиндантской свиты; 5 – алевролиты чиндантской свиты; 6 – аргиллиты чиндантской свиты. На диаграмму не нанесены две точки составов пород ононской свиты из группы силицитов

На классификационной диаграмме М. М. Хирона [16] породы ононской и чиндантской свит локализуются преимущественно в областях вакк и глинистых, в том числе Fe-глинистых сланцев (рис. 5). Отдельные составы метаосадочных пород ононской свиты (протолиты которых отвечают алевролитам и псаммитолитам) располагаются в области аркозов, что может указывать на «зрелый» характер их протолита.

Для метаосадочных пород можно отметить общие закономерности в поведении петрогенных компонентов. Породы ононской свиты характеризуются следующими вариациями главных петрогенных компонентов (в мас. %): SiO_2 – 64,63–74,70; TiO_2 – 0,04–0,72; Al_2O_3 – 13,24–17,86; $\text{FeO}_{\text{общ}}$ – 0,81–4,42; MgO – 0,12–2,23; MnO – 0,04–0,33; CaO – 0,18–1,87; Na_2O – 2,07–4,42; K_2O – 2,18–4,37; P_2O_5 – 0,02–0,17. В отдельной пробе микрокварцита ононской свиты (протолит которого отвечает, по А. Н. Неелову, псаммитолиту) отмечаются наиболее экстремальные значения отдельных петрогенных компонентов (см. табл., проба 19-3).

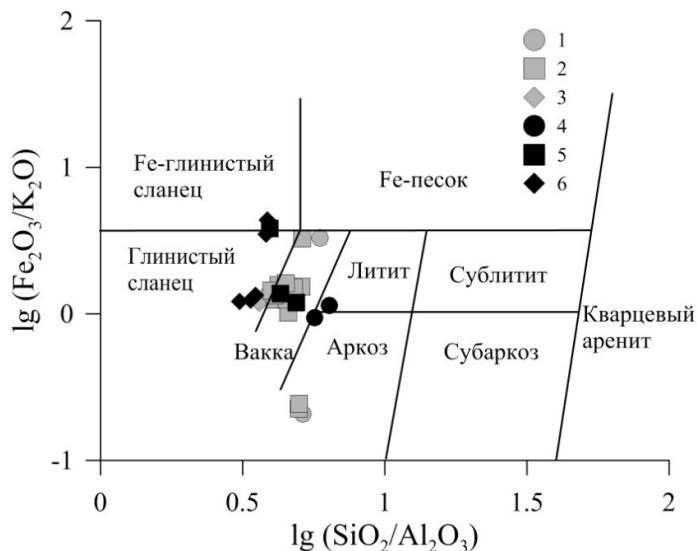


Рис. 5. Диаграмма М. М. Хирона [16]

для классификации метатерригенных пород ононской и чиндантской свит. Условные обозначения см. на рис. 4. На диаграмму не нанесены две точки составов пород ононской свиты из группы силицитов

В породах чиндантской свиты содержания петрогенных компонентов изменяются в следующих пределах (в мас. %): SiO_2 – 57,39–77,31; TiO_2 – 0,31–0,83; Al_2O_3 – 12,12–19,40; $\text{FeO}_{\text{общ}}$ – 1,80–12,51; MgO – 0,57–1,80; MnO – 0,04–1,39; CaO – 0,33–1,68; Na_2O – 0,70–4,12; K_2O – 1,9–5,81; P_2O_5 – 0,11–0,31.

Наглядно поведение петрогенных компонентов проиллюстрировано на рис. 6. На вариационных диаграммах прослеживается обратная корреляционная зависимость большинства петрогенных компонентов относительно кремнекислотности в исследуемых породах как чиндантской, так и ононской свит.

Следует отметить, что в составе пород чиндантской свиты присутствуют аргиллиты (здесь и далее наименование пород (протолитов) выполнено в соответствии с условными обозначениями, см. рис. 4), содержание кремнезема в которых более низкое (в среднем на 3–8 мас. %) по сравнению с аргиллитами ононской свиты. Это выражается в том, что на вариационных диаграммах аргиллиты чиндантской свиты образуют в целом обособленное поле составов. Кроме того, они имеют наиболее значительные вариации содержаний K_2O , $\text{FeO}_{\text{общ}}$, MnO относительно как других литологических разностей чиндантской свиты, так и аргиллитов ононской свиты (рис. 6). В поведении содержаний Na_2O и CaO относительно кремнезема в метаосадочных породах ононской и чиндантской свит не прослеживается определенных корреляционных связей. Неоднозначная корреляция отмечается между K_2O и SiO_2 в породах ононской свиты.

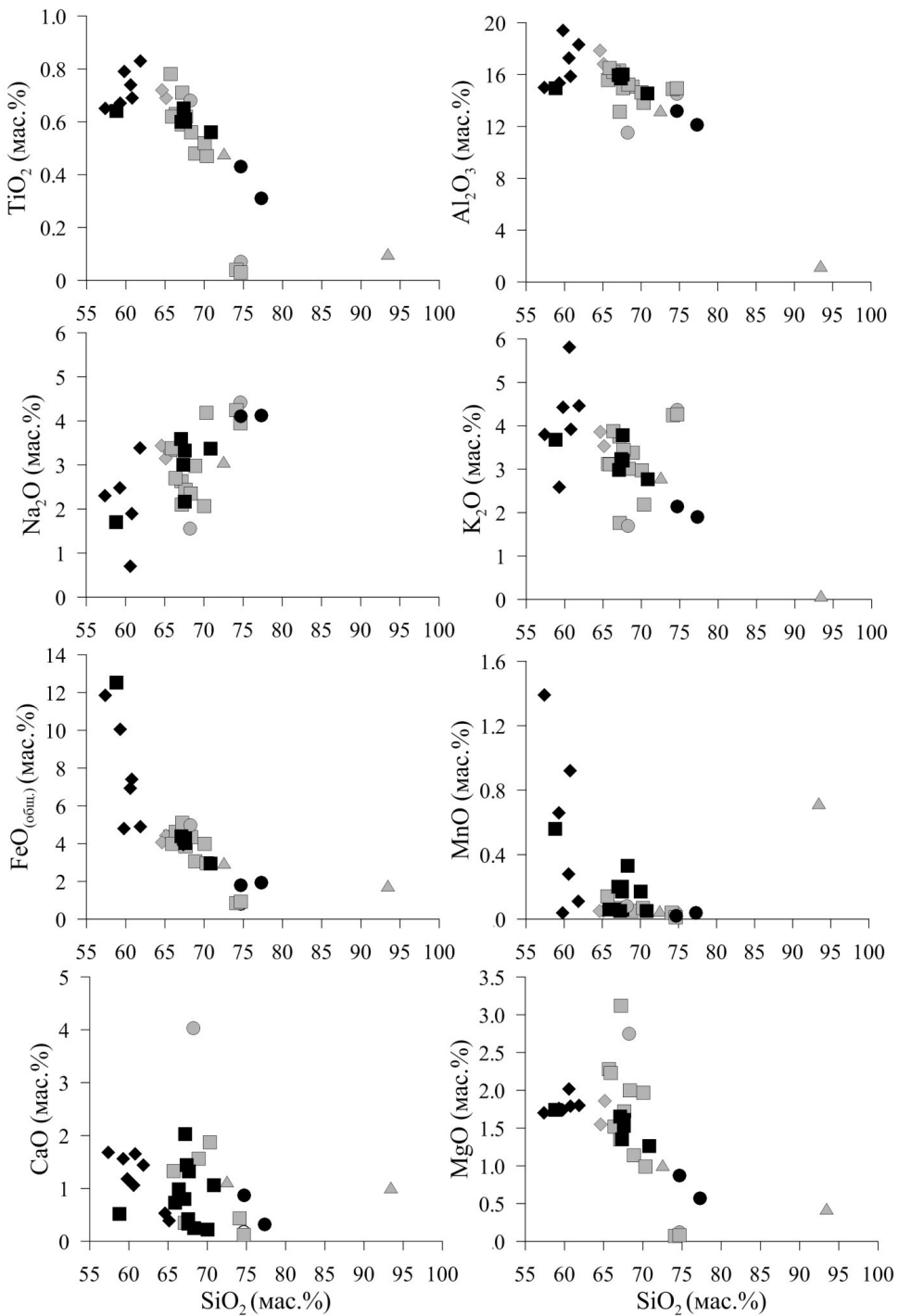


Рис. 6. Вариационные диаграммы для метатерригенных пород ононской и чиндантской свит Восточного Забайкалья. Условные обозначения см. на рис. 4

Использование гидролизатного модуля ($GM = Al_2O_3 + TiO_2 + FeO_{общ}/SiO_2$) дает возможность разделять породы, содержащие либо продукты гидролиза, например каолинит, образующийся в результате глубокого химического выветривания калиевых полевых шпатов, либо зрелые осадки, обогащенные кварцем [2]. Таким образом, с увеличением значения ГМ возрастает степень химического выветривания пород, а с ростом содержаний кремнезема отмечается рост «зрелости» осадочной породы, обогащающейся обломочным кварцем. Значение гидролизатного модуля в метаосадочных породах ононской свиты изменяется от 0,21 до 0,36 (в отдельной пробе, отвечающей микрокварциту, составляет 0,04). Породы чиндантской свиты характеризуются более широкой вариацией значений гидролизатного модуля ($GM - 0,19-0,51$), что может свидетельствовать о сочетании в их источнике пород, претерпевших различную степень выветривания (рис. 7). В целом метаосадочные породы как ононской, так и чиндантской свит локализуются в полях значений $GM - 0,20-0,35$ и $GM - 0,30-0,50$, соответствующих глинисто-кремнистым и кремнисто-глинистым сланцам.

Алюмокремниевый модуль ($AM = Al_2O_3/SiO_2$) позволяет различать глинистые ($AM - 0,22-0,35$) и песчаные породы ($AM - 0,10-0,22$), учитывая степень их химического выветривания (см. рис. 7). В породах ононской свиты величины AM варьируют в пределах от 0,18 до 0,28 (в микрокварците составляет 0,01), тогда как породы чиндантской свиты характеризуются значениями $AM - 0,16-0,32$, что позволяет делать заключения о наличии материала в составе протолита исследуемых пород различной степени выветрелости, как и в случае с гидролизатным модулем.

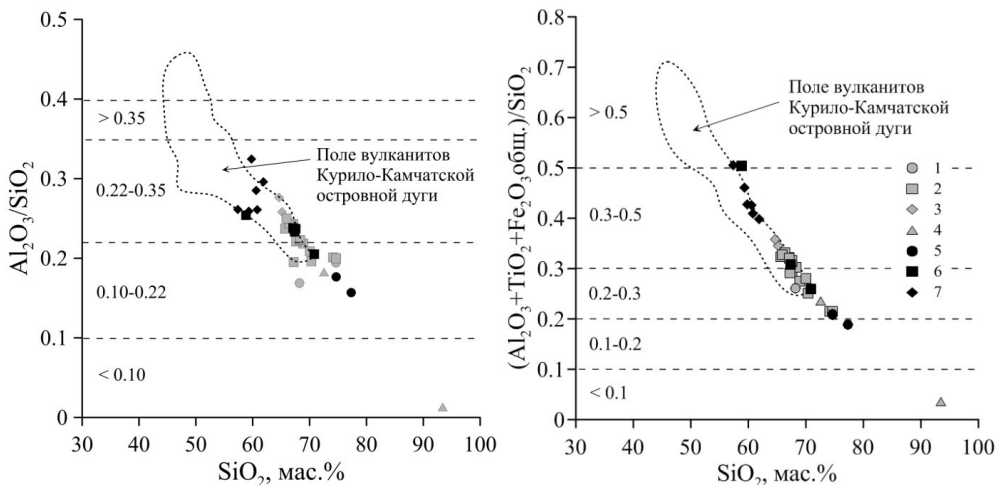


Рис. 7. Диаграмма зависимости величины алюмокремниевого (Al_2O_3/SiO_2) и гидролизатного ($Al_2O_3 + TiO_2 + FeO_{общ}/SiO_2$) модулей от кремнекислотности метаосадочных пород ононской и чиндантской свит. Предполагаемые протолиты исследуемых пород по [6]: 1 – полимиктовые песчаники ононской свиты; 2 – алевролиты ононской свиты; 3 – аргиллиты ононской свиты; 4 – силициты (микрокварциты) ононской свиты; 5 – полимиктовые песчаники чиндантской свиты; 6 – алевролиты чиндантской свиты; 7 – аргиллиты чиндантской свиты

Геохимические особенности метаосадочных пород аккреционного комплекса МОП

Содержание редкоземельных элементов (РЗЭ), некоторых редких элементов (Th, U, Zr, Sc), а также параметры отдельных индикаторных редко-элементных отношений приведены в таблице.

На рисунке 8 представлены спектры распределения РЗЭ в метаосадочных породах ононской и чиндантской свит, подразделенных по типам протолитов по [6] на псаммитолиты, алевролиты и аргиллиты.

Спектры распределения РЗЭ в псаммитолитах ононской и чиндантской свит (рис. 8, А) характеризуются близкими к составу верхней континентальной коры (ВКК) конфигурациями, однако в двух пробах отмечаются более обедненные части спектра в области легких и тяжелых лантаноидов, а также наличием в одной из них отрицательной европиевой аномалии.

Распределение РЗЭ в алевролитах ононской и чиндантской свит – резко отличное (рис. 8, Б). По спектру распределения РЗЭ среди алевролитов ононской свиты условно можно выделить два типа алевролитов: 1) в которых спектры распределения близки к алевролитам чиндантской свиты и схожи с таковыми в ВКК; 2) с более низким уровнем содержания РЗЭ в целом и существенным дефицитом легких и средних лантаноидов, а также ярко выраженной цериевой положительной аномалией.

В аргиллитах ононской и чиндантской свит (рис. 8, В) наблюдается в целом близкое к ВКК распределение РЗЭ. Однако породы ононской свиты имеют более низкий уровень накопления лантаноидов по сравнению с ВКК и слабо выраженную положительную цериевую аномалию, а породы чиндантской свиты – относительно высокий уровень накопления РЗЭ и слабо выраженную отрицательную европиевую аномалию.

Обсуждение результатов

Особенности распределения отложений в разрезах ононской и чиндантской свит, в которых проявляется чередование слоев метабазитов, метакремнистых и метатерригенных пород, указывают на сходство с принципиальными особенностями строения разреза аккреционной призмы [9]. Известно [1; 4; 9], что такие структуры, как аккреционные призмы, приурочены к конвергентным границам литосферных плит (островным дугам, активным континентальным окраинам) и состоят из вулканогенно-осадочного материала. Аккреционные призмы, как правило, классифицируются исходя из состава пород на аккреционные призмы, которые преимущественно сложены турбидитами, (тип А) и аккреционные призмы, состоящие из океанических образований, (тип Б) [5].

Минералого-петрографические особенности пород ононской и чиндантской свит – наличие соответствующих индекс-минералов, минеральных парагенезисов в целом, типоморфных структурно-текстурных признаков – позволяют заключить, что исследуемые образования типичны для зеленосланцевой фации метаморфизма.

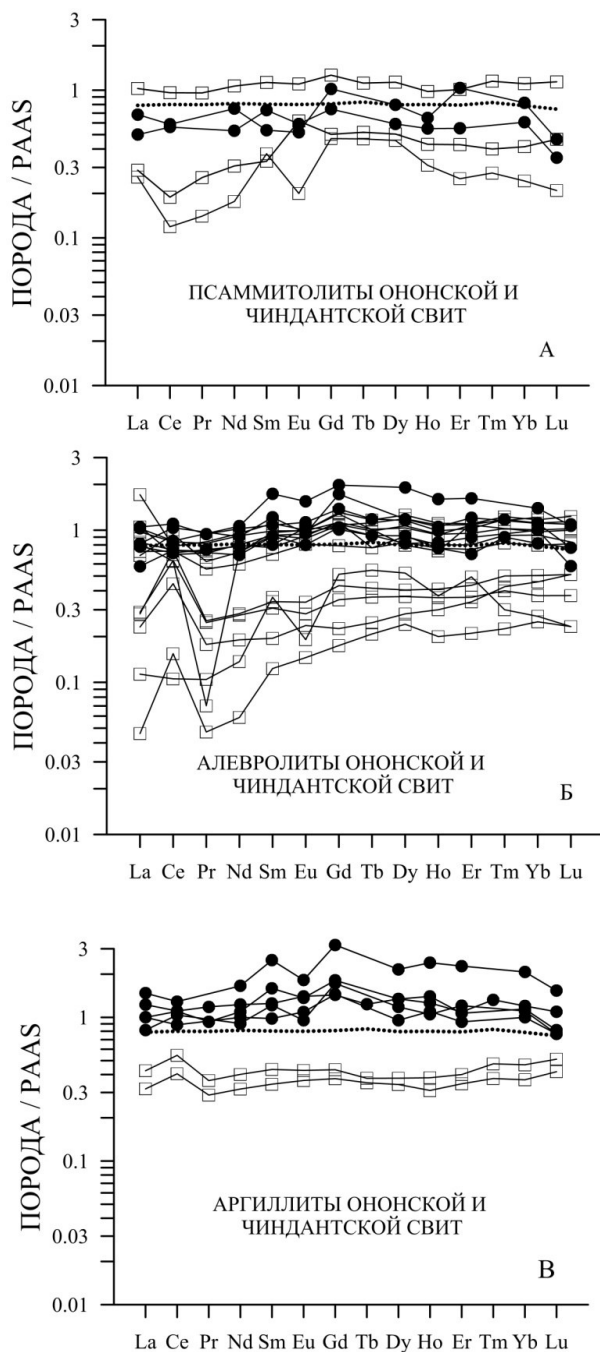


Рис. 8. Спектры распределения содержаний редкоземельных элементов в метасадочных породах ононской и чиндантской свит, нормированных к среднему составу постархейского сланца Австралии (РААС) Пунктирной линией показан состав верхней континентальной коры (ВКК) по [10]. Серым цветом показаны породы ононской свиты, черным – чиндантской

Следует отметить закономерность, проявляющуюся в метаосадочных породах как ононской, так и чиндантской свит. В породах, предполагаемыми протолитами которых являлись псаммитолиты, более существенную роль играли продукты разрушения вулканических дуг – в них значения $K_2O/Na_2O < 1$. В породах, протолиты которых представлены алевролитами, увеличивается доля материала областей сноса как вулканических дуг, так продуктов разрушения континентальной коры, а соотношения оксидов калия и натрия характеризуются как $K_2O/Na_2O < 1$, так и $K_2O/Na_2O > 1$ (преобладают), предполагая более значительную роль калиевого полевого шпата в продуктах разрушения. Наиболее «богатыми» продуктами разрушения гранитного материала континентальной коры обладают породы, протолиты которых представлены аргиллитами, – в них значения $K_2O/Na_2O > 1$.

Важной составной частью полимиктовых пород является присутствие в них обломков вулкаников основного и среднего состава. Для островных дуг, с которыми связано формирование аккреционных призм, аккумулирующих огромный объем терригенных осадков, поставщиками такого обломочного материала служат вулканы преимущественно известково-щелочной специфики. Исходя из этого, уместно сравнивать вещественные и генетические характеристики исследуемых пород с составами островных дуг или активных континентальных окраин в качестве вероятного источника сноса терригенного материала. Эталонным объектом сравнения на ряд диаграмм нанесено поле известково-щелочных вулканических пород основного и среднего состава Курило-Камчатской островной дуги [11; 12].

Размещение фигуративных точек составов исследуемых пород на диаграммах алюмокремниевого и гидролизатного модулей (см. рис. 7) преимущественно в области составов вулкаников Курило-Камчатской островной дуги, а также отрицательная корреляция между обоими модулями и кремнеземом позволяют предположить, что основными источниками сноса могли служить продукты разрушения пород островной дуги (или активной континентальной окраины). Однако отдельные составы пород в общем корреляционном тренде характеризуются более низкими значениями гидролизатного и алюмокремниевого модулей по сравнению с островодужными источниками, а также более высоким содержанием в них кремнезема, что, наиболее вероятно, связано с наличием в протолитах исследуемых пород пелагических осадков. Ярким доказательством этого служит наличие микрокварцитов и яшмоидов в разрезе исследуемых свит. Редкоземельные характеристики исследованных метаосадочных пород ононской и чиндантской свит также свидетельствуют о том, что в формировании протолита осадочных пород определяющую роль играли два типа осадочного материала – терригенный, присутствующий на континентальном склоне, и биогенный (кремнистый), характерный для пелагиальной зоны океана.

Кроме того, подобные особенности можно дополнительно связывать с другим предполагаемым источником сноса – активной континентальной окраиной. Нельзя также исключать и наличие в качестве продуктов разрушения островной дуги (сиалического типа) более кислых пород, например риолитов.

К подобным выводам приводит анализ распределения составов пород чиндантской и ононской свит на дискриминационных диаграммах М. Р. Бхатия (рис. 9, 10, 11). На бинарной диаграмме $Al_2O_3/SiO_2 - Fe_2O_3^* + MgO$ (см. рис. 9) и треугольной диаграмме Th-La-Sc (рис. 10) большая часть составов исследуемых пород локализована в области В, отвечающей континентальным островным дугам, а расположение подавляющего большинства фигуративных точек в целом отвечает области распространения составов океанических островных дуг (см. рис. 9).

На диаграмме, использующей индикаторные геохимические параметры Ti/Zr и La/Sc, большая часть пород ононской свиты расположена в области С, соответствующей активной континентальной окраине, тогда как породы чиндантской свиты в большей мере локализованы в области В, отвечающей континентальной островной дуге.

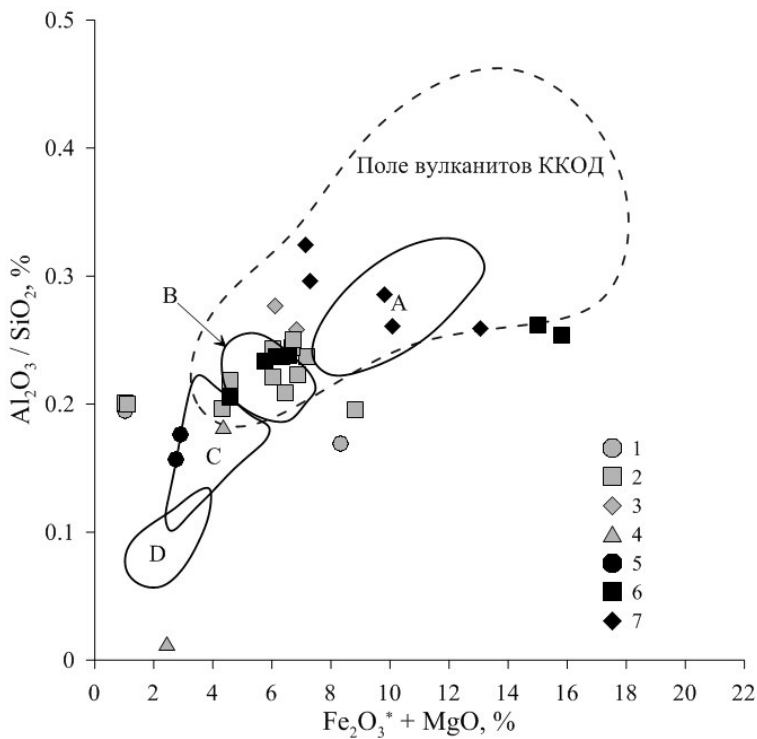


Рис. 9. Дискриминационная диаграмма М. Р. Бхатия [14]

для терригенных пород из различных геодинамических обстановок: 1 – псаммитолиты (полимиктовые песчаники) ононской свиты; 2 – алевролиты ононской свиты; 3 – аргиллиты ононской свиты; 4 – силициты (микрокварциты) ононской свиты; 5 – (псаммитолиты) полимиктовые песчаники чиндантской свиты; 6 – алевролиты чиндантской свиты; 7 – аргиллиты чиндантской свиты. Поля, характеризующие песчаники из различных тектонических обстановок: А – океанические островные дуги, В – континентальные островные дуги, С – активная континентальная окраина, D – пассивная континентальная окраина

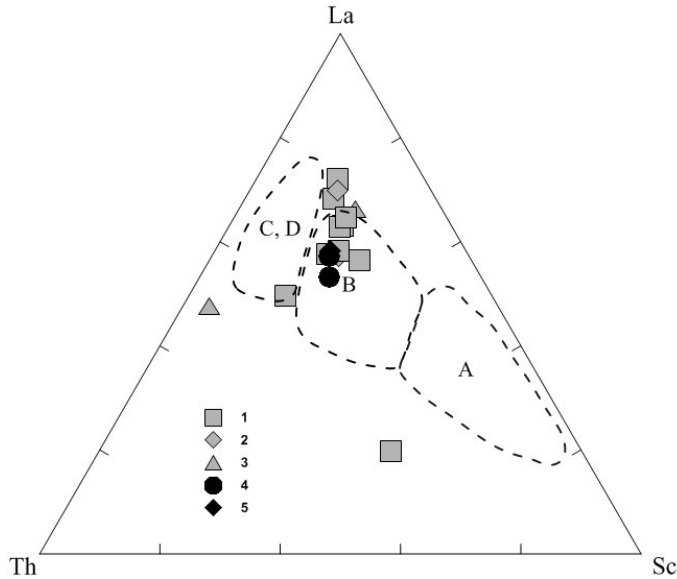


Рис. 10. Треугольная диаграмма М. Р. Бхатия [14] для классификации тектонических обстановок накопления граувакк: А – океанические островные дуги; В – континентальные островные дуги; С – активная континентальная окраина; D – пассивная континентальная окраина

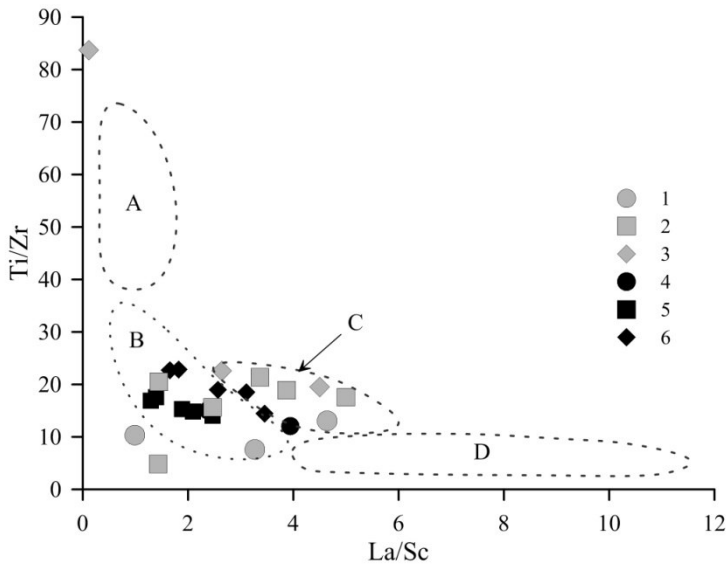


Рис. 11. Дискриминационная диаграмма $Ti/Zr-La/Sc$ по [15]. Поля составов пород: А – океанические островные дуги; В – континентальные островные дуги; С – активная континентальная окраина; D – пассивная континентальная окраина. Условные обозначения протолитов: 1–3 – онеонская свита (1 – полимиктовые песчаники, 2 – алевролиты, 3 – аргиллиты), 4–6 – чиндантская свита (4 – полимиктовые песчаники, 5 – алевролиты, 6 – аргиллиты)

Выводы

Анализ литохимических особенностей метаосадочных пород ононской и чиндантской свит Восточного Забайкалья позволил выяснить, что граувакковые и аркозовые разности терригенных пород присутствуют примерно в равных количествах в обеих свитах, что может свидетельствовать о поступлении в бассейн осадконакопления как материала размыва вулканитов основного – среднего состава, так и продуктов разрушения пород зрелой континентальной коры. Совокупность вещественных и геохимических характеристик приводит к выводу, что наиболее вероятной геодинамической обстановкой формирования метаосадочных пород ононской и чиндантской свит являлась активная континентальная окраина с участием пелагических осадков. Таким образом, подобные геодинамические условия в наибольшей степени реализуются в пределах аккреционного клина, формирующегося перед зоной субдукции.

Исследования поддержаны грантами РФФИ 15-05-05079 и 14-05-00887.

Список литературы

1. Добрецов Н. Л. Глубинная геодинамика / Н. Л. Добрецов, А. А. Кирдяшкин, А. Г. Кирдяшкин. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2001. – 409 с.
2. Интерпретация геохимических данных / Е. В. Скляров [и др.]. – М. : Интермет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
3. Лисицын А. П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах / А. П. Лисицын. – М. : Наука, 1988. – 309 с.
4. Лобковский Л. И. Современные проблемы геотектоники и геодинамики / Л. И. Лобковский, А. М. Никишин, В.Е. Хаин. – М. : Науч. мир, 2004. – 611 с.
5. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии / Л. М. Парфенов [и др.] // Тихоокеан/ геология. – 2003. – Т. 22, № 6. – С. 7–41.
6. Неелов А. Н. Петрохимическая классификация метаморфизованных осадочных и вулканических пород. / А. Н. Неелов. – Л. : Наука, 1980. – 100 с.
7. Парфенов Л. М., Кузьмин М. И. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Л. М. Парфенов, М. И. Кузьмин. – М. : Наука / Интерпериодика, 2001. – 571 с.
8. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса / Л. М. Парфенов [и др.] // Тихоокеан. геология. – 1999. – Т. 18, № 5. – С. 24–43.
9. Сили Д. Р. Модель внутреннего склона глубоководного желоба / Д. Р. Сили, П. Р. Вейль, Дж. Дж. Уолтон // Геология континентальных окраин. – М. : Мир, 1978. – Т. 1. – С. 276–290.
10. Тейлор С. Р. Континентальная кора: ее состав и эволюция / С. Р. Тейлор, С. М. Мак-Леннан. – М. : Мир, 1988. – 379 с.
11. Фролова Т. И. Происхождение вулканических серий островных дуг / Т. И. Фролова, А. В. Гушин, И. А. Бурикова. – М. : Недра, 1985. – 275 с.
12. Фролова Т. И. Магматизм и преобразование земной коры активных окраин / Т. И. Фролова, Л. Л. Перчук, И. А. Бурикова. – М. : Недра, 1989. – 261 с.
13. Чамов Н. П. Литогенез осадков в аккреционных призмах и его роль в формировании вещества континентальной коры / Н. П. Чамов // Вертикальная аккреция земной коры // Тр. / ГИН РАН. – М. : Наука, 2002. – Вып. 542. – С. 38–55.

14. *Bhatia M. R.* Plate tectonics and geochemical composition of sandstones / M. R. Bhatia // *J. Geol.* – 1983. – Vol. 91, N 6. – p. 611–627.
15. *Bhatia M. R.* Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins / M. R. Bhatia, K. A. W. Crook // *Contr. Mineral. Petrol.* – 1986. – Vol. 92. – P. 181–193.
16. *Herron M. M.* Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data / M. M. Herron // *J. Sed. Petrol.* – 1988. – Vol. 58. – P. 820–829.
17. *Rollinson H. R.* Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation / H. R. Rollinson. – Essex : London Group UK Ltd., 1994. – 352 p.

Lithochemistry and Geodynamics of Metasedimentary Rocks of Ononskaya and Tchindantskaya Suits (East Transbaikalia)

Yu. V. Noskova, S. I. Dril

A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS

S. A. Sasim

Irkutsk State University

A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS

O. V. Zarubina

A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS

Abstract. Accretionary complexes are the important geological structures as their study allows insights regarding the individual stages of geodynamic evolution of orogenic belts and the nature of the sedimentary material involved. The Ononsky accretionary complex of the East Transbaikalia mainly consists of metasedimentary rocks of ononskaya and tchindantskaya suits. The article considers the petrography, lithochemical and geochemical characteristics of metasedimentary rocks from the ononskaya and tchindantskaya suits. Based on petrochemical classification by Neelov A. N. we reconstructed the probable protoliths for these rocks: monomict psammitolites and polymict sandstones and siltstones for the ononskaya suite and polymict sandstones, siltstones and argillites for the tchindantskaya suite. Petrochemical modules demonstrate island arc sources that are likely associated with the presence of pelagic deposits in their protoliths. Rare earth characteristics of the studied metasedimentary rocks also confirm that two types of the sedimentary material played an important role in the protolith: terrigenous, present on continental slopes and biogenic (silica) typical of the pelagic zone in the ocean. Thus, on the basis of both petrochemical and geochemical characteristics it was found that the most probable geodynamic setting for the formation of sedimentary rocks from the studied ononskaya and tchindantskaya suites was an active continental margin with the participation of pelagic deposits. Similar geodynamic conditions are the case within the accretionary wedge formed in front of the subduction zone.

Keywords: Mongolia-Okhotsk fold belt, East Transbaikalia, accretion prism, subduction, metasedimentary rocks, geodynamic reconstruction, geochemistry of sedimentary rocks.

References

- Dobretsov N.L., Kiryashkin A.A., Kiryashkin A.G. Glubinnaya geodinamica (Deep-level geodynamics). Novosibirsk, 2001. 409 p.
- Lisitsyn A.P. Lavinnaya sedimentacia i pereryvi v osadkonakoplenii v moryah i okeanah (An avalanche and intermittent sedimentation in seas and oceans). M., 1988. 309 p.
- Lobkovsky L.I., Nikishin A.M., Khain V.E. Sovremennye problemy geotektoniki i geodinamiki (Modern problems of geotectonics and geodynamics). M., 2004. 611 p.
- Neelov A.N. Petrohimicheskaya klassifikaciya metamorfizovannyh osadochnyh i vulkanicheskikh porod (Petrochemical classification of metamorphic sedimentary and volcanic rocks). Leningrad, 1980. 100 p.
- Parfenov L.M., Popeko L.I., Tomurtogoo O. [et al.]. The problems of tectonics Mongolia-Ochotsk fold belt [Problemy tektoniki Mongolo-Okhotskogo orogennogo poyasa]. *Russian Journal of Pacific Geology. Tikhookeanskaya geologiya*, 1999, vol. 18, no 5, pp. 24–43.
- Parfenov L.M., Berzin N.A., Khanchuk A.I. et al. Model for the formation of orogenic belts in Central and Northeast Asia [Model' formirovaniya orogennyh poyasov Central'noy i Vostochnoy Asii]. *Russian Journal of Pacific Geology. Tikhookeanskaya geologiya*, 2003, vol. 22, no 6, pp. 7–41.
- Parfenov L.M., Kuz'min M.I. *Tektonica, geodinamica i metallogeniya Respubliki Caha (Yakutia)* (Tectonics, geodynamics and metallogenics the Republic of Sakha (Yakutia)). Moscow, 2001. 571 p.
- Seely D.R., Vail P.R., Walton G.G. Trench slope model [Model' vnutrennego sklona glubokovodnogo zheloba]. *Geologiya continental'nyh ocrain* (Geology of continental margins). New York, 1974, pp. 276–290.
- Sklyarov E.V., Gladkochub D.P., Donskaya T.V. [et al.]. Interpretaciya geochimicheskikh dannyh (Interpretation of geochemical data). M., 2001. 288 p.
- Taylor S.R., McLennan S.M. Kontinental'naya kora: sostav i evolyucia (The continental crust: its composition and evolution). London, 1985. 315 p.
- Frolova T. I. Proishozhdenie vulkanicheskikh seryi ostrovnyh dug (The origin of volcanic series island arcs). M., 1985. 275 p.
- Frolova T.I., Perchuk L.L., Burikova I.A. Magmatizm i preobrazovanie zemnoy kory aktivnyh okrain (Magmatism and transformation of Earth crust in Active margin). N. Y., 1992. 362 p.
- Chamov N.P. Sedimentary lithogenes in accretionary prisms and its role in formation of continental crust [Lithogenes osadkov v akkretzionnyh prismah i ego rol' v formirovanii veshstva kontinental'noy kory]. *Vertical'naya accretciya zemnoy kory* (Vertical accretion of Earth crust). M., 2002, part 542, p. 38–55.
- Bhatia M.R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *J. Geol.*, 1983, vol. 91, no 6, p. 611–627.
- Bhatia M.R., Crook K.A. W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contr. Mineral. Petrol.*, 1986, vol. 92, pp. 181–193.
- Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log date. *J. Sed. Petrol.*, 1988, vol. 58, p. 820–829.
- Rollinson H.R. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. London, 1994. 352 p.

Носкова Юлия Владимировна
аспирант, инженер-исследователь
Институт геохимии
им. А. П. Виноградова СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а
тел.: (3952) 42-60-34
e-mail: j.noskova@igc.irk.ru

Noskova Yuliya Vladimirovna
Postgraduate, Research Engineer
A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry
SB RAS
1a, Favorsky st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-60-34
e-mail: j.noskova@igc.irk.ru

Дриль Сергей Игоревич
кандидат геолого-минералогических наук,
и.о. заведующего, лаборатория геохимии
изотопов, старший научный сотрудник
Институт геохимии
им. А. П. Виноградова СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а
тел.: (3952) 42-60-34
e-mail: sdril@igc.irk.ru

Dril' Sergei Igorevich
Candidat of Sciences (Geology
and Mineralogy), Head, Isotope
Geochemistry Laboratory, Senior Research
Scientist
A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry
SB RAS
1A, Favorsky st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-60-34
e-mail: sdril@igc.irk.ru

Сасим Сергей Александрович
кандидат геолого-минералогических
наук, заведующий, кафедра полезных
ископаемых
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 20-09-31
e-mail: sasimserg@mail.ru
младший научный сотрудник
Институт геохимии
им. А. П. Виноградова СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а
тел.: (3952) 42-60-34
e-mail: sasim@igc.irk.ru

Sasim Sergei Aleksandrovich
Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Head, Mineral Resources
Department
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 20-09-31
e-mail: sasimserg@mail.ru
Junior Research Scientist
A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry
SB RAS
1A, Favorsky st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-60-34
e-mail: sasim@igc.irk.ru

Зарубина Ольга Васильевна
кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник
Институт геохимии
им. А. П. Виноградова СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а,
тел.: (3952) 42-60-34
e-mail: zaruba@igc.irk.ru

Zarubina Olga Vasilevna
Candidate of Sciences (Geology
and Mineralogy), Senior Research Scientist
A. P. Vinogradov Institute of Geochemistry
SB RAS
1A, Favorsky st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-60-34
e-mail: zaruba@igc.irk.ru