

Приложения 4.1-4.4

Литология верхнеюрско–нижнемеловых отложений восточной части Мырговаамской и Раучуанской впадин, Западная Чукотка

Ватрушкина Елена Владимировна, Тучкова Марианна Ивановна

Приложение 4.1. Методология исследования

Лабораторные исследования были направлены на выявление состава пород с целью определения источников сноса, а также в качестве вспомогательных критериев для стратиграфического расчленения. Наиболее информативными для изучения при этом являются псаммитовые разности.

В первую очередь породы изучались в *шлифах* при помощи поляризационного микроскопа ВХ-51 (Olympus, Япония). При описании шлифов выделялся комплекс седиментационных текстурных и структурных признаков пород, производилась оценка количественного состава порообразующих компонентов. Среди главных структурных признаков пород исследовались: гранулометрический состав, степень окатанности обломочных компонентов, их сортированность и типы цементации. Гранулометрический анализ в шлифах производился путем непосредственного замера поперечников зерен линейкой, вмонтированной в окуляр микроскопа. Для определения гранулометрического состава использована классификация Н.В. Логвиненко (1984). Окатанность зерен определялась визуально с помощью трафаретов (Рухин, 1969). По сортированности выделено два гранулометрических класса пород: плохосортированные и среднесортированные. Если более 80% частиц сосредоточено не в одном, а в двух размерных классах, то порода определялась как плохосортированная и называлась в соответствии с наименованием этих классов. При этом на второе место ставилось название того класса, содержание зерен в котором больше. В соответствии с классификациями Н.В. Логвиненко и В.Н. Шванова (Логвиненко и Сергеева, 1986; Шванов и др, 1998) цемент разделялся по времени образования на седиментационный и постседиментационный. Седиментационный цемент (матрикс) описывался по количеству цементирующей массы, составу и равномерности распределения. Постседиментационный (аутигенный) цемент классифицировался по: минеральному составу, равномерности распределения, количеству цементирующей массы и типу (в основном поровый и островной). Петрографический количественный анализ проводился путем подсчета всех порообразующих компонентов в псаммитовых разностях, до 300 зерен в каждом шлифе. Для песчаных пород в работе использована классификация В.Д. Шутова (1972) с применением треугольных диаграмм. Для песчаников, содержащих в составе более 20% литокластов, применялась дочерняя

треугольная диаграмма, в которой учитывалось количество обломков пород различного генезиса. Для номенклатуры туфотерригенных разностей использована классификация А.В. Вана и Ю.П. Казанского (1985). *Изучение состава отдельных мономинеральных зерен* производилось на Факультете Наук о Земле Силезского университета (г.Катовице, Польша) с помощью сканирующего электронного микроскопа Philips XL30 ESEM с детекторами BSE и EDS (Oxford Instruments).

Силикатный анализ проб осуществлялся в аккредитованной лаборатории химико-аналитических исследований ГИН РАН (г.Москва, Россия) под руководством С.М. Ляпунова рентгенофлуоресцентным методом (РФА) с использованием последовательного спектрометра S4 Pioneer (Bruker). *Элементный анализ* проб выполнен в аналитическом сертификационном испытательном центре ИПТМ РАН (г.Черноголовка, Россия) в лаборатории ядерно-физических и масс-спектральных методов анализа под руководством В.К. Карандашева. Для разложения образцов использовали автоклавы МКП-05 НПВФ (АНКОН-АТ-2). Содержание микроэлементов в полученных растворах определяли методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой ICP-AES-61 (Thermo Jarrell Ash) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой X-7 (Thermo Elemental). Определение концентраций *Sm* и *Nd* и изотопных отношений *Nd* в образцах проводилось в лаборатории геохронологии и изотопной геохимии Геологического института КНЦ РАН (г.Апатиты, Россия) под руководством д.г.-м.н. Т. Б. Баяновой.

Ван, А.В., Казанский, Ю.П. (1985). *Вулканокластический материал в осадках и осадочных породах*. Новосибирск: Наука.

Логвиненко, Н.В. (1984). *Петрография осадочных пород (с основами методики исследования)*. Москва: Высш. шк.

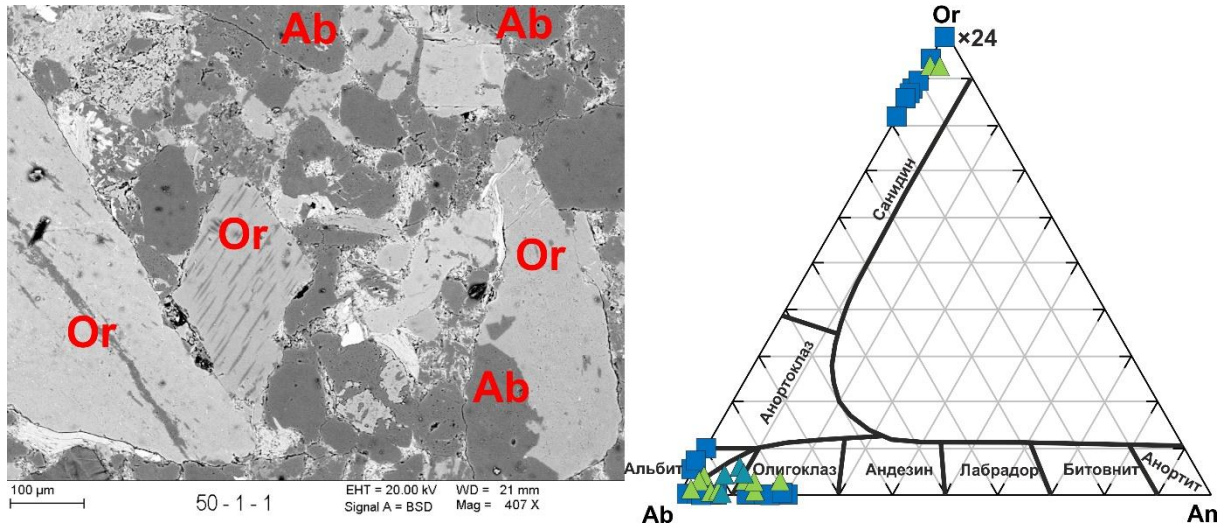
Логвиненко, Н.В., Сергеева, Н.В. (1986). *Методы определения осадочных пород*. Ленинград: Недра.

Рухин, Л.Б. (1969). *Основы литологии*. Ленинград: Недра.

Шванов, В.Н., Фролов, В.Т., Сергеева, Э.И. и др. (1998). *Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов*. Санкт-Петербург: Недра.

Шутов, В.Д., Коссовская, А.Г., Муравьев, В.И. Юркова, Р.М., Соколова, Т.Н. (1972). *Граувакки. Тр. ГИН РАН СССР. Вып. 238*. Москва: Наука.

Приложение 4.2. Составы полевых шпатов в верхнеюрско-нижнемеловых песчаниках



Микрофотография шлифа 50-1-1 в отраженных электронах и диаграмма составов полевых шпатов. Ab – альбитовая, Or – ортоклазовая и An – анортитовая составляющие. Остальные условные обозначения см. на рис. 4

Приложение 4.3. Петрографические, геохимические и изотопно-геохимические характеристики верхнеюрско-нижнемеловых песчаников.

свита	раучанская		нетпейвеемская					утувеемская		погынденская			
Кварц	25-35		10-20					17-44		30-50			
Плагиок.	30-35		20-30					1-32		44-60			
КПШ	20-25		нет					нет		ед.			
О. всего	5-10		60-70					46-82		3-9			
О.терриг.	до 5		до 22					до 80		ед.			
О.вулкан.	до 5		до 65					до 25		2-8			
О.магмат.	1-2		нет					нет		1			
О.метам.	ед.		ед.					ед.		нет			
Слюдь	3-8		ед.					ед.		1-2			
ϵNd	-15.72		-2.14					-4.75		-19.50			
№ обр.	50-3-6	54-7-5	51-1-5	53-2-5	51-4-2	53-2-7	53-3-2	53-4-1	48-3-2	48-3-3	53-6-1	53-7-1	53-5-1
SiO ₂	68.01	65.67	61.10	63.00	61.62	51.42	62.52	56.08	63.39	68.84	57.24	67.02	65.64
TiO ₂	0.52	0.77	0.68	1.07	0.79	1.22	0.61	0.83	0.85	0.73	1.03	0.58	0.80
Al ₂ O ₃	15.14	14.70	16.66	16.22	16.94	16.87	15.77	20.57	18.80	15.78	20.61	16.02	14.35
Fe ₂ O ₃	1.11	1.67	0.35	2.48	2.33	1.81	0.89	1.96	2.26	2.44	1.80	2.28	0.91
FeO	2.26	2.94	5.88	3.59	4.30	6.60	4.93	5.40	3.37	2.72	4.38	1.37	3.37
MnO	0.06	0.07	0.06	0.11	0.18	0.21	0.06	0.09	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
MgO	1.61	2.01	3.58	1.86	2.15	3.89	2.52	2.31	1.63	1.22	2.49	1.29	1.97
CaO	1.75	2.49	2.24	2.05	1.91	6.23	2.65	2.42	0.23	0.21	0.62	1.64	2.36
Na ₂ O	4.06	4.30	3.40	2.37	3.61	2.46	4.54	3.36	1.77	1.71	1.61	4.28	4.38
K ₂ O	3.12	2.47	0.75	2.04	1.55	1.76	0.85	2.23	2.80	2.48	4.01	2.19	1.50
P ₂ O ₅	0.16	0.20	0.13	0.16	0.13	0.14	0.10	0.12	0.16	0.17	0.30	0.25	0.19
п.п.п.	1.87	2.15	4.40	4.30	4.50	6.66	4.40	4.03	4.33	3.36	5.16	2.88	3.80
Сумма	99.67	99.44	99.23	99.25	100.01	99.27	99.84	99.40	99.63	99.70	99.29	99.85	99.32
H ₂ O-	0.23	0.19	0.45	0.30	0.64	0.35	0.31	0.40	0.48	0.39	0.65	0.26	0.21
CO ₂	0.23	0.32	0.99	0.98	0.92	3.77	1.75	1.43	0.10	0.10	0.45	1.71	1.55
H ₂ O+	1.45	1.62	2.81	3.04	3.05	н.о.	2.44	н.о.	н.о.	н.о.	3.77	н.о.	1.96
СИА	54.32	52.00	66.72	67.84	65.15	64.68	62.79	69.11	75.36	73.59	74.25	62.54	59.67
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4.49	4.47	3.67	3.88	3.64	3.05	3.96	2.73	3.37	4.36	2.78	4.18	4.57
DF1	3.00	1.51	-4.64	-2.28	-3.45	-3.78	-3.67	-3.33	-1.94	-1.84	-0.16	0.41	-0.33
DF2	-0.41	-0.05	0.00	-0.33	-2.01	1.83	-2.08	-2.00	-0.97	-1.47	0.91	-1.85	-0.49
Li	14.71	20.58	н.о.	62.83	75.02	100.33	42.61	90.41	76.83	52.39	52.30	26.28	87.80
Be	1.92	2.14	1.54	1.89	1.45	1.69	1.34	1.64	2.12	1.66	2.93	1.55	1.85
Sc	6.86	8.53	18.16	20.52	18.69	25.56	9.78	23.50	17.18	13.55	19.10	10.42	14.71
V	52.97	84.79	118.70	154.63	128.84	172.91	76.74	150.48	179.35	126.69	215.44	64.27	65.97
Cr	29.13	23.68	85.49	129.57	67.31	109.88	63.57	124.43	160.38	149.00	121.02	153.34	42.98
Co	7.83	9.06	13.94	14.61	10.43	25.66	11.00	20.71	10.51	12.04	11.72	9.41	10.53
Ni	21.33	29.47	41.12	54.34	31.31	38.15	27.43	42.07	55.02	35.97	61.96	20.88	16.18
Cu	7.53	7.84	15.82	н.о.	н.о.	16.95	6.72	16.86	23.95	32.52	38.17	8.81	7.83
Zn	53.66	58.40	83.94	н.о.	н.о.	н.о.	49.04	н.о.	н.о.	н.о.	108.54	н.о.	83.06
Ga	15.85	17.07	17.56	18.39	16.66	20.92	16.31	20.42	21.54	17.20	26.44	18.56	18.99

Rb	74.97	44.12	33.19	85.84	69.93	72.95	42.57	94.97	104.37	93.33	155.62	61.00	23.01
Sr	248.81	320.21	200.73	137.49	267.85	181.22	596.87	164.37	85.63	77.45	78.24	277.07	300.34
Y	17.46	22.84	20.11	26.77	18.19	36.21	18.38	20.10	24.46	19.60	38.17	17.47	24.10
Zr	179.12	416.62	126.96	227.60	114.40	201.67	207.15	147.46	187.25	236.77	152.93	243.57	133.22
Nb	9.90	14.99	6.57	8.41	5.75	7.34	10.36	7.28	12.55	11.98	14.23	10.08	7.93
Cs	0.81	0.55	6.36	4.25	3.94	4.59	2.08	5.68	6.03	4.17	9.01	2.83	2.78
Ba	967.76	908.28	283.12	431.62	426.32	405.29	730.97	443.02	625.18	376.25	943.18	651.12	1158.99
La	40.83	59.51	18.99	24.48	11.67	21.23	39.91	14.96	30.00	23.45	52.13	36.60	20.98
Ce	81.48	115.91	41.08	40.32	25.66	46.85	80.89	35.78	60.08	49.09	105.42	73.01	52.58
Pr	8.80	12.26	4.62	5.97	3.74	6.22	8.08	4.87	7.33	6.12	11.62	8.54	5.13
Nd	32.99	45.69	18.81	23.42	14.48	26.18	29.42	19.53	28.00	23.44	44.94	31.50	20.43
Sm	5.65	7.52	3.92	5.31	3.64	6.23	5.06	4.40	5.54	4.98	8.28	5.69	4.48
Eu	1.19	1.41	0.93	1.52	0.83	1.59	1.15	0.96	1.18	0.99	1.85	1.41	0.84
Gd	4.43	5.86	3.88	5.33	3.13	6.79	4.13	4.36	4.76	4.20	7.62	4.60	4.52
Tb	0.64	0.84	0.60	0.84	0.59	1.08	0.59	0.67	0.75	0.62	1.17	0.67	0.68
Dy	3.66	4.57	3.73	4.59	3.56	6.85	3.24	3.95	4.64	3.84	7.20	3.58	4.22
Ho	0.71	0.91	0.76	0.92	0.72	1.41	0.63	0.77	0.97	0.80	1.45	0.75	0.87
Er	2.09	2.75	2.31	2.60	2.08	4.17	1.88	2.15	2.90	2.42	4.13	2.04	2.66
Tm	0.30	0.41	0.33	0.34	0.29	0.60	0.26	0.29	0.44	0.37	0.57	0.44	0.39
Yb	2.01	2.74	2.23	2.24	1.92	3.89	1.82	1.82	2.89	2.52	3.67	1.98	2.69
Lu	0.30	0.42	0.33	0.33	0.28	0.60	0.27	0.28	0.45	0.40	0.52	0.36	0.41
Hf	4.56	9.18	3.17	5.69	3.54	5.13	5.52	4.13	5.56	6.95	4.15	7.31	3.75
Pb	16.04	15.52	12.52	14.70	7.77	17.64	12.51	311.80	8.48	33.29	10.81	16.10	14.67
Th	8.59	13.28	5.64	7.22	5.43	4.78	6.60	5.44	9.37	8.83	12.10	6.67	6.07
U	1.46	2.53	1.83	2.71	2.12	2.21	1.33	1.95	2.47	2.32	2.14	1.49	2.02
La _N /Yb _N	14.56	15.55	6.10	7.84	4.37	3.91	15.75	5.91	7.44	6.68	10.20	13.27	5.60
La/Sc	5.95	6.98	1.05	1.19	0.62	0.83	4.08	0.64	1.75	1.73	2.73	3.51	1.43
Eu*	0.73	0.65	0.73	0.87	0.75	0.75	0.77	0.67	0.70	0.66	0.71	0.84	0.57

Примечание: соотношение породообразующих компонентов приведено по результатам петрографических исследований в %, содержания окислов главных элементов в вес.%, содержание микроэлементов в мкг/г.

Использованные сокращения: О. – обломки пород, н.о. – не определялось, Eu* - европиевая аномалия, рассчитанная через Gd

Приложение 4.4. Распределение редкоземельных элементов в верхнеюрско-нижнемеловых песчаниках.

