

ПЕСЧАНИКИ КУККАРАУКСКОЙ СВИТЫ ВЕНДА ЮЖНОГО УРАЛА: ОСОБЕННОСТИ ВАЛОВОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

© 2015 г. А. В. Маслов, В. Н. Подковыров, О. В. Граунов

Изучение обломочных пород, прежде всего песчаников, дает возможность получить важную информацию о составе пород питающих провинций, а также расшифровать тектонические, климатические и палеогеографические обстановки формирования осадочных последовательностей [3, 9, 13, 15, 18, 20, 21, 23 и др.]. Практически все перечисленные факторы осадочного процесса могут быть сейчас реконструированы в результате минералого-петрографического и литолого-геохимического изучения песчаников. В настоящей публикации мы рассмотрим возможность оценки на основе литохимических данных и данных о соотношениях основных пороодообразующих компонентов каркаса палеоклиматических обстановок формирования только песчаников куккараукской свиты ашинской серии венда Башкирского мегантиклинория, так как для них в последнее время появились новые материалы.

Ашинская серия несогласно перекрывает породы каратауской серии верхнего рифея и включает бакеевскую (в широком смысле), урюкскую, басинскую, куккараукскую и зиганскую свиты [2, 12]. Бакеевская свита сложена песчаниками, алевролитами с глауконитом и алевролитистыми аргиллитами. Максимальная ее мощность ~140 м. В бассейне р. Зилим в ряде разрезов аналогами бакеевской свиты выступают толпаровская и суировская свиты. Толпаровская свита (600–650 м) представлена грубоплитчатыми песчаниками с маломощными прослоями гравелитов, конгломератов и редко аргиллитов. Суировская свита (~300 м) объединяет алевролиты и аргиллиты с редкими прослоями песчаников и пластами микстив. Урюкская свита (200–300 м) сложена песчаниками, алевролитами, гравелитами и конгломератами. Басинская свита (до 1000 м) представлена преимущественно песчаниками, переслаивающимися с алевролитами и глинистыми сланцами. Куккараукская свита (200–250 м) складывается мелко- и среднегалечниковыми конгломератами и песчаниками, подчиненную роль в ее разрезах играют алевролиты. Куккараукская свита подразделяется на две подсвиты – нижнюю и верхнюю. Нижняя подсвита представлена полимиктовыми песчаниками, верхняя сложена полимиктовыми конгломератами с прослоями аркозовых и полимиктовых песчаников [8, 12]. Зиганская

свита (500–600 м) объединяет неравномерно переслаивающиеся песчаники, алевролиты и аргиллиты, встречаются также гравелиты и мелкогалечниковые конгломераты.

Накопление значительной части осадочных образований нижней части ашинской серии происходило в серии врезанных долин и контролировалось, скорее всего, гляциоэвстатическими событиями [4]. Источником кластики в начале ашинского времени (бакеевско-урюкский интервал) выступали восточные районы Восточно-Европейской платформы. В постурюкское время в связи с коллизией на рассматриваемой территории был сформирован пологий предгорный прогиб, выполненный, как полагают многие авторы [1, 6, 10], молассовыми или близкими к ним образованиями. Питание его обломочным материалом осуществлялось, по всей видимости, преимущественно с востока.

Валовый химический состав псаммитов снизу вверх по разрезу ашинской серии эволюционирует от сублитаренитов (толпаровская и суировская свиты) к аркозам и субаркозам (урюкская свита) и лититам (басинский уровень). На смену последним на куккараукском уровне вновь приходят сублитарениты, а выше (зиганская свита) – лититы.

Песчаники куккараукской свиты по петрографическому составу отнесены Ю.Р. Беккером [2] преимущественно к кварцевым грауваккам. По нашим данным, количество зерен кварца в них составляет 36–84, полевых шпатов – 0–4%. Обломки пород (15–64%) представлены кварцитами, кремнями, гранитами, основными эффузивами, а также аргиллитами.

Для палеоклиматических реконструкций в настоящей работе использованы данные о петрографическом и валовом химическом составе песчаников и матрикса конгломератов куккараукской свиты, образцы которых отобраны в 2013 г. из разрезов по рр. Басу и Мал. Раузяк (нижняя подсвита), а также вдоль строящейся несколько южнее тракта Макарово–Кулгунино новой автотрасы (верхняя подсвита) (рис. 1). Количество различных компонентов каркаса в песчаниках и матриксе конгломератов куккараукской свиты показано в табл. 1. Средние, минимальные и максимальные концентрации петрогенных оксидов в выборках образцов из указанных выше разрезов приведены в табл. 2. Содержа-

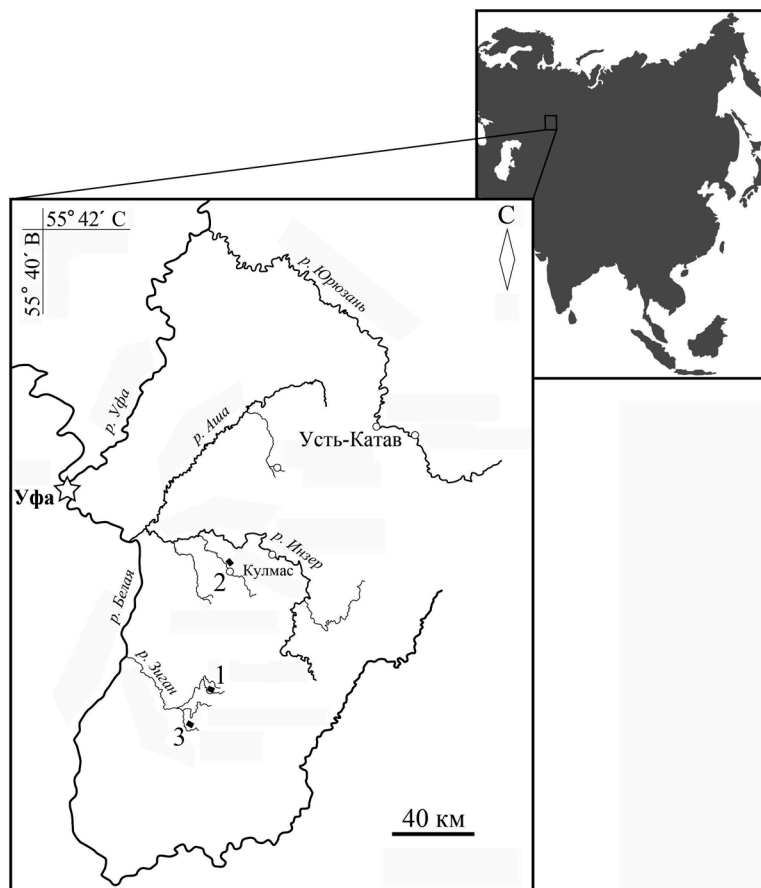


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов куккараукской свиты.

1 – р. Мал. Раузяк, 2 – р. Басу ниже д. Кулмас, 3 – строящаяся автодорога южнее тракта Макарово–Кулгунино. Дизайн основы и композиция А.В. Колесникова (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск).

ния петрогенных оксидов определены в ИГГ УрО РАН (рентгенофлуоресцентный метод, аналитики Н.П. Горбунова, Г.М. Ятлук, В.П. Власов и Г.С. Непокоева).

Вся в целом выборка псаммитов ашинской серии характеризуется отсутствием какой-либо значимой корреляции между модулями ЖМ и ТМ, с одной стороны, и НКМ и ГМ¹, с другой [7]. В соответствии с представлениями [14], это указывает на преимущественно литогенный характер песчаников, т.е. доминирование в их составе рециклированного (прошедшего более одного цикла седиментации) материала. Если же рассматривать соотношения между указанными модулями для песчаников различных свит, то очевидно, что продуктами первого цикла седиментации являются только песчаники басинской свиты. В псаммитах остальных литостратиграфических подразделений ашинской серии существенную или преобладающую роль играет литогенный компонент.

¹ ЖМ = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$,
ТМ = $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, НКМ = $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$,
ГМ = $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/\text{SiO}_2$.

Для определения климатических обстановок формирования осадочных образований ашинской серии в работе [5] использованы данные по валовому химическому составу глинистых пород, но полученные выводы не были однозначными. В целях более обоснованного суждения о климате мы использовали также диаграмму $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) - \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ [17] и метод [19]. На диаграмме $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) - \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ преобладающая часть точек псаммитов ашинской свиты сконцентрирована вдоль линии, определяемой вариациями интенсивности выветривания на палеоводосборах (рис. 2а, б). Это дает основания для предположения о том, что почти все песчаники толпаровской свиты и часть псаммитов урюкского уровня, а также куккараукской свиты сложены продуктами размыва достаточно преобразованных процессами выветривания породных ассоциаций, в то время как песчаники бакеевского, басинского и зиганского уровней, а также часть псаммитов куккараукской и урюкской свит накапливались в условиях менее интенсивного химического выветривания (или более интенсивных тектонических движений в областях сноса) [7].

Таблица 1. Количество различных компонентов каркаса в песчаниках и матриксе конгломератов куккараукской свиты

Номер образца	Q	F	L (R)	Q _m	Q _p	Chert	K	P	L _s	L _m	L _v	Σ
13-01-15	143	0	171	141	2	24	0	0	12	134	0	314
13-01-14	155	1	138	153	2	25	0	1	10	103	0	295
13-01-11	159	0	183	159	0	29	0	0	4	149	0	342
13-01-13	108	0	138	107	1	26	0	0	5	106	0	246
13-01-12	122	0	157	122	0	20	0	0	8	130	0	280
13-01-8	159	0	154	151	8	36	0	0	4	115	0	314
13-01-17	163	0	61	162	2	6	0	0	2	52	0	224
13-01-16	150	0	118	140	9	25	0	0	0	94	0	268
13-01-13	214	0	110	202	11	18	0	0	6	86	0	324
13-01-9	222	0	124	218	4	19	0	0	1	103	0	346
13-01-4	168	0	101	165	3	21	0	0	2	77	0	268
13-01-6	217	0	99	211	6	23	0	0	3	72	0	316
13-01-6	100	0	176	89	11	26	0	0	0	149	0	276
13-01-7	146	0	80	145	2	23	0	0	2	55	0	226
13-01-1	239	0	73	231	8	11	0	0	6	57	0	312
13-01-2	249	0	106	239	10	14	0	0	9	84	0	356
13-01-3	194	0	98	188	6	14	0	0	3	81	0	292
13-01-10	174	1	93	172	3	13	0	1	2	78	0	268
13-07-10	209	12	82	178	31	16	7	4	9	53	4	304
13-07-10	250	0	141	231	20	27	0	0	8	106	0	391
13-07-11	231	0	108	211	20	24	0	0	9	71	3	340
13-07-12	177	0	95	169	8	11	0	0	5	76	3	272
13-07-13	185	0	96	174	11	31	0	0	3	62	0	280
13-07-14	131	0	107	131	0	36	0	0	2	69	0	238
13-07-15	162	0	191	158	4	49	0	0	5	137	0	352
13-07-16	181	0	148	171	10	26	0	0	10	112	0	329
13-07-3	226	1	145	200	26	22	0	1	12	108	4	371
13-07-4	166	1	115	163	3	37	1	0	0	79	0	281
13-07-5	168	0	94	155	13	26	0	0	5	60	3	262
13-07-6	160	0	82	151	10	19	0	0	7	53	2	243
13-07-7	197	0	76	186	11	16	0	0	2	57	0	273
13-07-8	206	0	83	171	35	17	0	0	7	55	3	290
13-07-9	172	0	140	159	12	22	0	0	9	109	0	312
13-07-1	226	0	116	202	24	27	0	0	6	79	3	342
13-07-2	221	7	118	197	24	28	3	3	14	73	3	346
13-09-3	179	3	99	163	17	8	3	0	11	77	3	283
13-09-4	195	3	82	184	11	17	3	0	26	39	1	281
13-09-5	188	6	84	173	15	10	4	2	16	57	2	279
13-09-6	181	3	79	167	14	14	2	1	16	48	1	263
13-09-7	188	0	84	178	10	11	0	0	14	59	0	272
13-09-8	194	1	109	184	10	8	0	1	10	91	0	304
13-09-9	233	4	111	220	14	8	1	3	12	90	0	349
13-09-11	191	5	92	165	26	14	4	1	14	64	0	289
13-09-21	177	3	69	158	19	9	2	1	15	44	1	249
13-09-20	190	5	85	174	15	14	2	4	11	59	2	280
13-09-19	209	12	84	199	10	21	3	9	23	37	2	305
13-09-18	182	7	92	173	9	10	6	1	28	54	1	281
13-09-17	227	4	72	222	5	1	0	4	41	30	0	304
13-09-16	206	1	119	198	8	36	1	1	13	70	0	327
13-09-15	261	3	117	247	14	34	3	0	19	63	2	381
13-09-14	193	4	96	183	11	11	2	2	22	63	1	294
13-09-2	227	8	103	218	9	17	5	3	9	76	1	339
13-09-1	274	5	49	244	29	32	2	2	6	10	1	328
13-09-13	274	4	93	224	50	6	0	4	15	72	0	372
13-09-12	268	5	74	230	38	17	2	3	8	49	0	348

Примечание. Q – кварц, F – полевые шпаты, L (R) – обломки пород, Q_m – монокристаллический кварц, Q_p – поликристаллический кварц, Chert – обломки кремнистых пород, K – калиевые полевые шпаты, P – плагиоклазы, L_s – обломки осадочных пород, L_m – обломки метаморфических пород, L_v – обломки вулканических пород.

Таблица 2. Средние, минимальные и максимальные концентрации основных породообразующих оксидов в песчаниках куккараукской свиты

Компонент, параметр	Нижнекуккараукская подсвита		Верхнекуккараукская подсвита
	Разрез по р. Басу у д. Кулмас	Разрез по р. Мал. Раузяк	Новая дорога к югу от д. Макарово
SiO ₂	86.31 ± 4.58 76.91–93.12	90.34 ± 2.48 86.74–95.57	93.04 ± 1.20 91.00–95.30
TiO ₂	0.43 ± 0.27 0.13–1.02	0.24 ± 0.07 0.13–0.43	0.18 ± 0.07 0.10–0.39
Al ₂ O ₃	6.26 ± 1.60 3.60–9.44	5.10 ± 1.32 2.17–6.79	3.93 ± 0.64 2.57–5.14
Fe ₂ O ₃ общ	2.58 ± 1.12 1.05–4.96	2.06 ± 0.36 1.67–2.96	1.40 ± 0.31 0.86–2.05
MnO	0.048 ± 0.021 0.015–0.101	0.026 ± 0.015 0.020–0.090	0.013 ± 0.008 0.006–0.043
MgO	1.04 ± 0.64 0.39–2.59	0.23 ± 0.16 0.01–0.45	–
CaO	0.10 ± 0.04 0.05–0.19	0.08 ± 0.11 0.03–0.52	0.04 ± 0.02 0.02–0.07
K ₂ O	0.91 ± 0.39 0.45–1.61	1.03 ± 0.29 0.38–1.47	0.48 ± 0.16 0.22–0.69
Na ₂ O	1.30 ± 0.22 0.72–1.68	0.18 ± 0.20 0.04–0.97	0.16 ± 0.02 0.13–0.20
P ₂ O ₅	0.04 ± 0.01 0.02–0.07	0.06 ± 0.05 0.01–0.21	0.02 ± 0.00 0.02–0.03
П.п.п.	1.08 ± 0.44 0.50–2.00	1.13 ± 0.21 0.80–1.50	0.78 ± 0.11 0.50–0.90
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.07 ± 0.02 0.04–0.12	0.06 ± 0.02 0.02–0.08	0.04 ± 0.01 0.03–0.06
K ₂ O/Na ₂ O	0.69 ± 0.23 0.37–1.17	10.75 ± 8.18 0.96–26.60	3.01 ± 0.99 1.59–4.96
TiO ₂ /Al ₂ O ₃	0.06 ± 0.02 0.04–0.12	0.05 ± 0.01 0.04–0.07	0.04 ± 0.01 0.03–0.08
ГМ	0.11 ± 0.04 0.05–0.20	0.08 ± 0.02 0.04–0.11	0.06 ± 0.01 0.04–0.08
CIA*	65 ± 2 62–69	76 ± 6 60–81	82 ± 2 79–85
n	21	21	18

Примечание. В числителе – среднее арифметическое и стандартное отклонение, в знаменателе – минимальное и максимальное значения; n – количество проанализированных образцов.

* Без поправки на влияние К-метасоматоза.

Исходя из соотношений всех зерен кварца (Qt), их поликристаллических разностей (Qp), а также обломков пород (R) и полевых шпатов (F) был сделан вывод о том, что накопление песчаников урюкско-зиганского интервала ашинской серии происходило в основном в обстановках семиаридного-семигумидного климата. В поле составов собственно гумидного климата на диаграмме Qt/(F + R)–Qp/(F + R) [25] локализована только часть фигуративных точек псаммитов куккараукской свиты (рис. 3) [7].

Внимательное рассмотрение табл. 2 показывает, что сопоставляемые нами выборки песчаников в заметной степени различаются. Так, для песчаников/матрикса конгломератов верхней подсвиты куккараукской свиты характерно более высокое среднее содержание оксида кремния, чем для

псаммитов нижней подсвиты в разрезе по р. Басу у д. Кулмас. Напротив, средние концентрации TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃общ, MnO, Na₂O и ряда других оксидов выше в песчаниках нижнекуккараукской подсвиты из окрестностей д. Кулмас. Последние характеризуются также статистически более высокими значениями Al₂O₃/SiO₂ (0.07 ± 0.02 против 0.04 ± 0.01) и ГМ (0.11 ± 0.04 против 0.06 ± 0.01). Песчаники нижней подсвиты куккараукской свиты из разреза по р. Мал. Раузяк обладают наибольшим разбросом минимальных и максимальных значений K₂O/Na₂O (0.96–26.60). Средняя величина химического индекса изменения (CIA², [24]) для них составляет 76 ± 6 , тогда как в псаммитах этого же стратиграфического уровня в разрезе по р. Басу

² CIA = 100(Al₂O₃)/(Al₂O₃ + CaO* + Na₂O + K₂O).

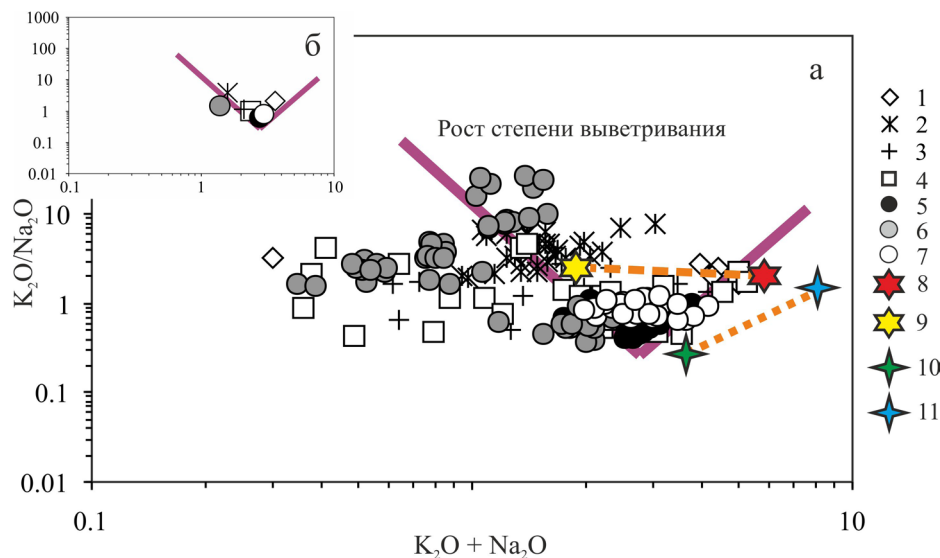


Рис. 2. Положение фигуративных точек состава песчаников ашинской серии на диаграмме $(K_2O + Na_2O) - (K_2O/Na_2O)$.

а – индивидуальные образцы, б – средние данные; 1–7 – свиты (1 – бакеевская, 2 – толпаровская, 3 – суировская, 4 – урюкская, 5 – басинская, 6 – куккараукская, 7 – зиганская); 8 – континентальные глины холодного и умеренно холодного климата; 9 – континентальные глины тропического климата, все по [11]; 10 – базальты позднепротерозойские; 11 – граниты протерозойские, все по [16].

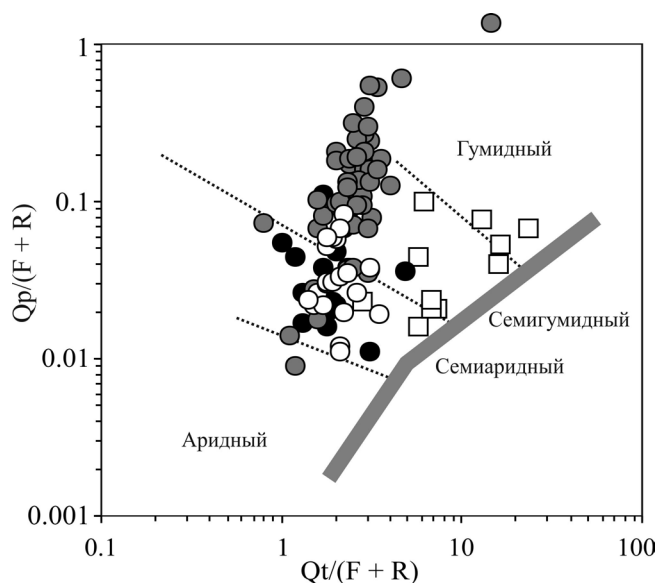


Рис. 3. Положение фигуративных точек состава песчаников урюкской, басинской, куккараукской и зиганской свит на диаграммах $Qt/(F + R) - Qp/(F + R)$.

Условные обозначения – см. рис. 2.

значение данного параметра существенно ниже (65 ± 2) , а в матриксе конгломератов верхней подсвиты – заметно выше (82 ± 2) .

Различия валового химического состава песчаников всех трех выборок хорошо вырисовываются и при рассмотрении ряда корреляционных

графиков, например $K_2O - Na_2O$, $K_2O - TiO_2/Al_2O_3$, $Fe_2O_{3\text{общ}} - Na_2O$ и др. (рис. 4).

На диаграмме А–СН–К низкими значениями CIA, откорректированного на возможное влияние калиевого метасоматоза, характеризуются песчаники суировской ($CIA = 54-65$), басинской ($CIA = 56-70$) и зиганской ($CIA = 56-71$) свит. Максимальные значения CIA во всей выборке песчаников ашинской серии достигают величин 83–86 (псаммиты толпаровской и бакеевской свит) [7]. Оценивая приведенные выше значения CIA, следует иметь в виду, что отложения басинско-зиганского интервала сформированы, по всей видимости, в условиях несколько более активного тектонического режима, чем подстилающие их образования. Присущие здесь песчанникам относительно невысокие величины CIA обусловлены, скорее всего, именно этим обстоятельством, хотя, конечно, не исключено, что они отражают и влияние климата семиаридного типа.

Откорректированные на возможное влияние К-метасоматоза величины CIA для песчаников нижней подсвиты куккараукской свиты варьируют от 66 до 75–76, тогда как для песчаного матрикса конгломератов верхней подсвиты этот параметр находится в интервале значений 75–85 (рис. 5). Указанные различия в величинах CIA для песчаников разных уровней куккараукской свиты дают основания предполагать, что для данного этапа развития поздневендского бассейна были характерны определенные, по всей видимости, достаточно кратковременные вариации степени зрелости поступающей

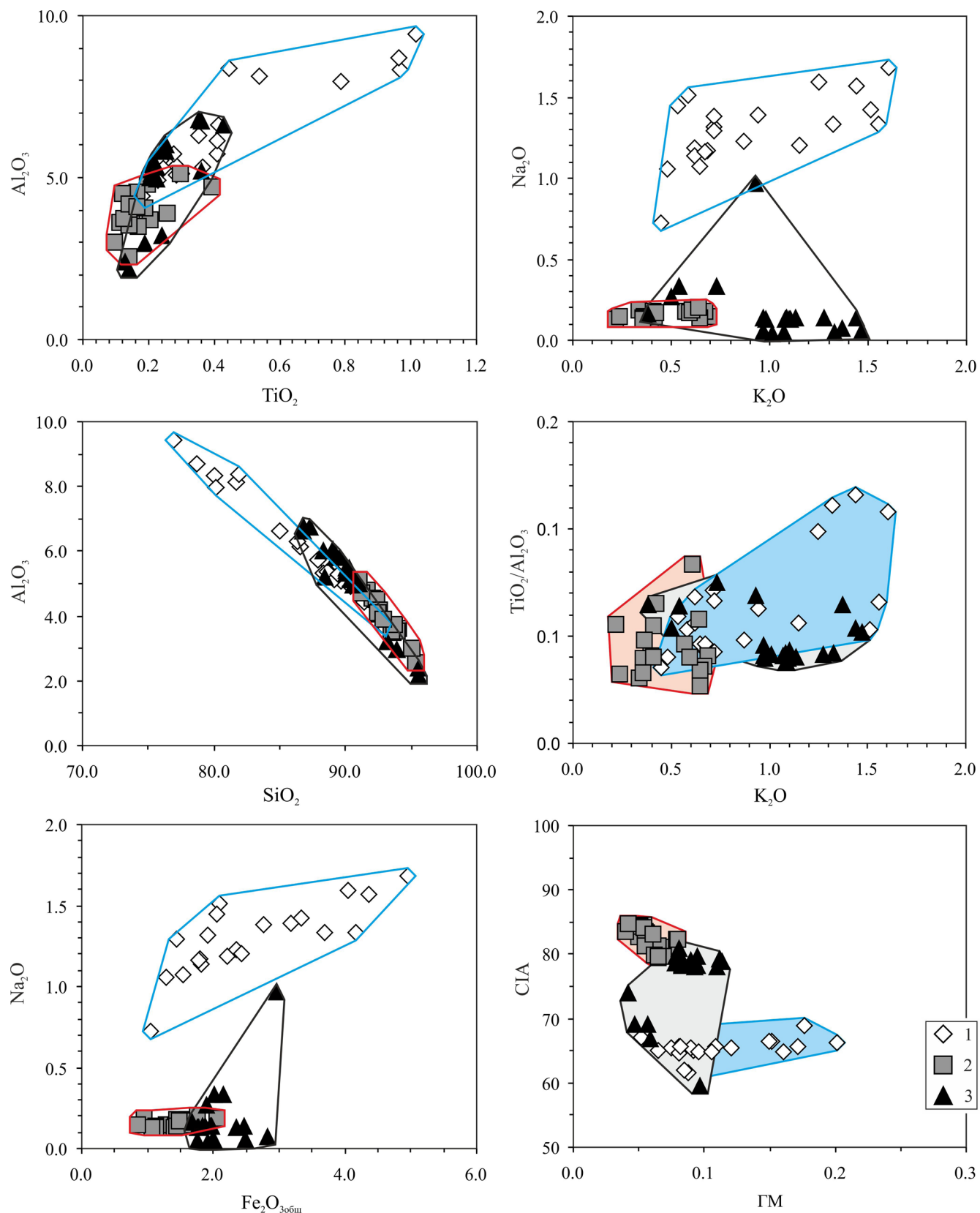


Рис. 4. Соотношение различных породообразующих оксидов, ГМ и CIA в песчаниках куккараукской свиты.

1 – нижняя подсвита, разрез по р. Басу ниже д. Кулмас; 2 – верхняя подсвита, разрез по новой дороге к югу от д. Макарово; 3 – нижняя подсвита, разрез по р. Мал. Раузяк.

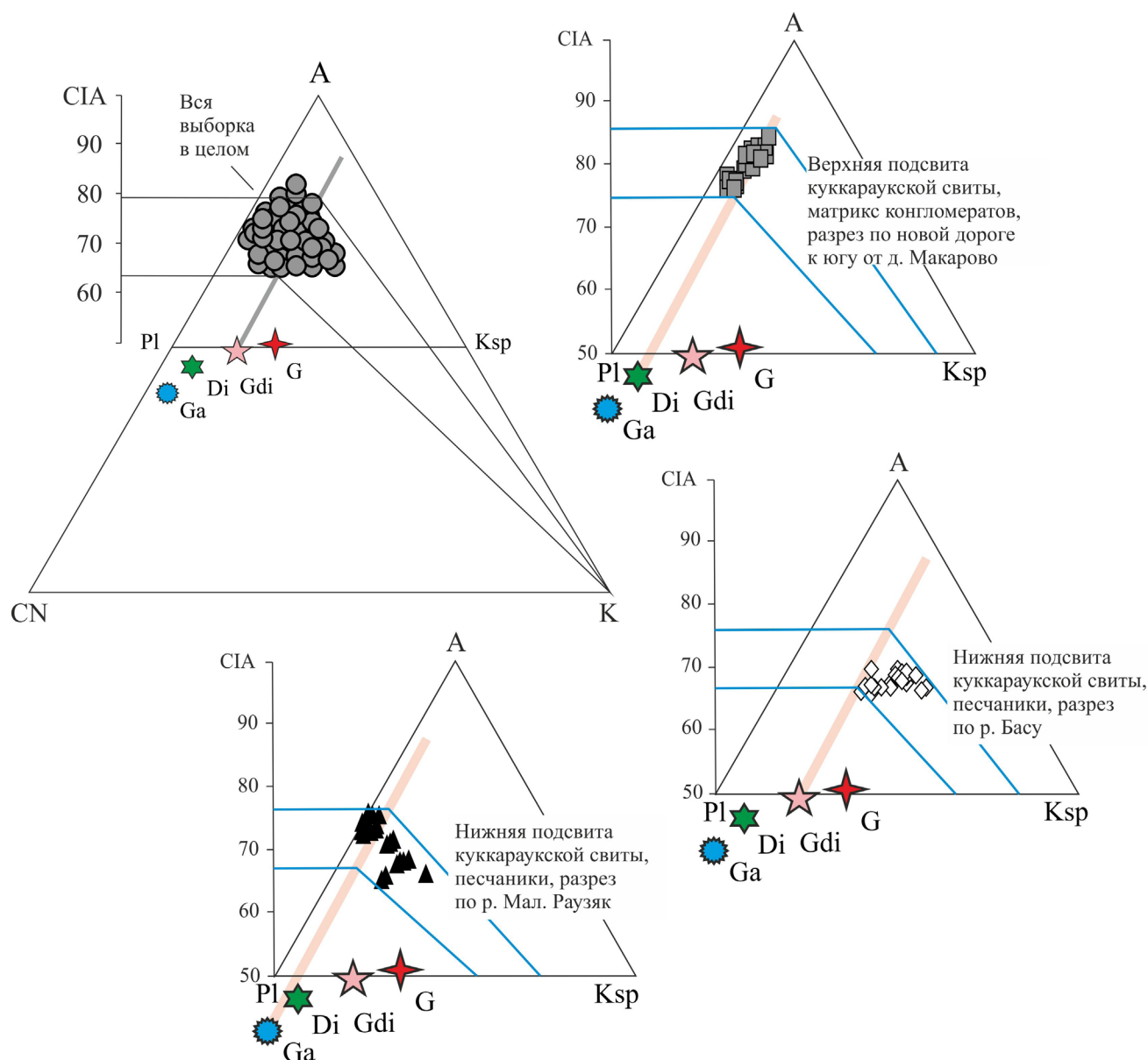


Рис. 5. Распределение точек состава песчаников нижней и верхней подсвет куккараукской свиты на диаграмме А–СН–К.

Pl – плагиоклаз, Ksp – калиевый полевой шпат, G – граниты, Gdi – гранодиориты, Di – диориты, Ga – габбро, все по [22, 26]. Условные обозначения – см. рис. 4.

в область осадконакопления алюмосиликокластиков, что можно рассматривать как отражение вариаций степени интенсивности выветривания на палеоводосборах. Интересно, что, внимательно рассматривая приведенные на рис. 4 и 5 диаграммы, можно сделать вывод и о несколько варьировавшем составе размывавшихся в куккараукское время на палеоводосборах комплексов пород.

Исследования проведены при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 12-05-00497, а также проекта УрО РАН 12-П-5-1004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беккер Ю.П. Позднекембрийская моласса Южного Урала. Л.: Недра, 1968. 160 с.
2. Беккер Ю.П. Венд Урала // Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. М.: Наука, 1985. С. 76–83.
3. Граувакки / Под ред. В.Д. Шутова. М.: Наука, 1972. 345 с.
4. Маслов А.В. Некоторые особенности ранневендской седиментации на Южном и Среднем Урале // Литология и полез. ископаемые. 2000. № 6. С. 624–639.

5. Маслов А.В. Литогеохимический облик отложений ашинской серии венда западного склона Южного Урала // Литосфера. 2014. № 1. С. 13–32.
6. Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Подковыров В.Н., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П. Состав питающих провинций и особенности геологической истории поздневендского Мезенского бассейна // Литология и полезные ископаемые. 2008. № 3. С. 290–312.
7. Маслов А.В., Ялышева А.И., Подковыров В.Н., Главатских С.П., Граунов О.В., Сергеева Н.Д. Песчаники ашинской серии венда Южного Урала: минералого-петрографические особенности и валовый химический состав // Литология и полезные ископаемые. В печати.
8. Олли А.И. Древние отложения западного склона Урала. Саратов: Изд-во Саратов. госун-та, 1948. 407 с.
9. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 536 с.
10. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
11. Ронов А.Б., Хлебникова З.В. Химический состав важнейших генетических типов глин // Геохимия. 1961. № 6. С. 449–469.
12. Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология / Отв. ред. Б.М. Келлер, Н.М. Чумаков. М.: Наука, 1983. 184 с.
13. Шванов В.Н. Петрография песчаных пород (компонентный состав, система, описание минеральных видов). Л.: Недра, 1987. 269 с.
14. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
15. Basu A. Influence of climate and relief on compositions of sands released at source areas // Provenance of arenites / G.G. Zuffa (Ed.). NATO ASI Series. 1985. P. 1–18.
16. Condie K.C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // Chem. Geol. 1993. V. 104. P. 1–37.
17. Dey S., Rai A.K., Chaki A. Palaeoweathering, composition and tectonics of provenance of the Proterozoic intracratonic Kaladgi–Badami basin, Karnataka, southern India: Evidence from sandstone petrography and geochemistry // J. Asian Earth Sci. 2009. V. 34. P. 703–715.
18. Dickinson W.R., Bead L.S., Brakenridge G.R., Erjavec J.L., Ferguson R.C., Inman K.F., Knepp R.A., Lindberg F.A., Ryberg P.T. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting // Geol. Soc. Am. Bull. 1983. V. 94. P. 222–235.
19. Fedo C.M., Nesbitt H.W., Young G.M. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance // Geology. 1995. V. 23. P. 921–924.
20. Folk R.L. Petrology of Sedimentary Rocks. Austin (USA): Hemphill Publishing Company, 1974. 182 p.
21. Johnsson M.J. The system controlling the composition of clastic sediments // Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments / M.J. Johnsson, A. Basu (Eds). Geol. Soc. Am. Spec. Paper. 1993. V. 284. P. 1–19.
22. Le Maitre R.W. The chemical variability of some common igneous rocks // J. Petrol. 1976. V. 17. P. 589–637.
23. McBride E.F. Diagenetic processes that affect provenance determinations in Sandstone // Provenance of Arenites / G.G. Zuffa (Ed.). NATO, Advanced Study Institute Series. 1985. V. 148. P. 95–113.
24. 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.
25. Suttner L.J., Dutta P.K. Alluvial sandstone composition and paleoclimate. I. Framework mineralogy // J. Sed. Petrol. 1986. V. 56. P. 329–345.
26. Vďačný M., Vozárová A., Vozár J. Geochemistry of the Permian sandstones from the Malužiná Formation in the Malé Karpaty Mts (Hronic Unit, Western Carpathians, Slovakia): implications for source-area weathering, provenance and tectonic setting // Geologica Carpathica. 2013. V. 64. P. 23–38.