

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР

Саратовский ордена Трудового Красного Знамени
государственный университет им. Н. Г. Чернышевского

ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИИ ЮЖНОГО УРАЛА И ПОВОЛЖЬЯ

Выпуск 8

Часть I

Под редакцией
проф. Н. С. Морозова и ст. научн. сотр. В. А. Гаряинова

Издательство Саратовского университета
1972

Н. Д. ШМИНКЕ

**К ВОПРОСУ О ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОЙ
И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ
СТРАТОТИПИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА
ПЕТРОПАВЛОВСКОЙ СВИТЫ
НИЖНЕГО ТРИАСА ОРЕНБУРГСКОГО ПРИУРАЛЬЯ**

В западной структурно-фациальной зоне Предуральского прогиба на правобережье р. Сакмары у с. Петропавловка В. П. Твердохлебовым (1964, 1966 а) детально изучена и описана 150-метровая толща континентальных пород, залегающих между блюментальской свитой ветлужской серии нижнего триаса и донгузской серией среднетриасового возраста. Ранее эта толща сопоставлялась с бузулукской свитой А. Н. Мазаровича (1936) и, согласно унифицированной схеме 1963 года (Стратиграфическое совещание, гор. Свердловск), относилась к верхней части ветлужской серии. Обнаруженные в ней В. П. Твердохлебовым остатки тетрапод, по заключению В. Г. Очева и М. А. Шишкина (1964), свидетельствуют о баскунчакском возрасте вмещающих пород.

Следовательно, бузулукская свита Оренбургского Приуралья не соответствует по возрасту одноименному стратотипу Общего Сырта. Исходя из этого и учитывая наибольшую полноту описанной им толщи по сравнению со всеми известными ныне синхронными образованиями Оренбургского и Башкирского Приуралья, В. П. Твердохлебов предложил принять этот разрез за стратотипический для указанного региона и именовать его петропавловской свитой.

Тщательное изучение петропавловской свиты с позиций ритмо-стратиграфического и литолого-фациального анализов позволило этому исследователю не только расчленить установ-

ленный им стратотип на три подсвиты, но и реконструировать важнейшие черты палеогеографии баскунчакского (оленекского) века (В. П. Твердохлебов, 1966 б).

Однако вещественный состав рассматриваемых отложений изучен недостаточно. Предлагаемая работа имеет целью в какой-то мере восполнить этот пробел, особенно досадный для стратотипического разреза.

* * *

Нами исследован 21 образец пород из стратотипического разреза петропавловской свиты (3 — из нижней, 5 — из средней и 13 — из верхней подсвит), Кроме того, для сравнения проанализированы также четыре образца из подстилающих верхнеблюментальских и 10 образцов из покрывающих донгузских отложений окрестностей с. Петропавловка.

Все образцы были обработаны по единой комплексной методике, принятой в НИИ геологии при СГУ и проверенной в течение более 10 лет. Раздробленные породы подвергались обработке 5—10% раствором соляной кислоты для дезинтеграции и определения общей карбонатности. Обработанные таким образом пробы отмывались от алевро-пелитовых частиц (менее 0,01 мм), а терригенная часть подвергалась делению методом мокрого ситового анализа на фракции: более 1,0 мм, 1,0—0,5 мм, 0,5—0,25 мм, 0,25—0,1 мм, 0,1—0,01 мм. В отдельных случаях выделялись частицы менее 0,001 мм.

После взвешивания и определения процентного содержания каждой фракции объединенная фракция 0,25—0,01 мм подвергалась иммерсионному анализу, менее 0,01 — термическому, а менее 0,001 мм — рентгеноструктурному. Кроме того, все фракции (чаще — менее 0,25 мм) и солянокислотная вытяжка исследовались спектроскопически полуколичественным методом.

Для удобства сравнения всех проанализированных пород, относящихся, как выяснилось, к одному гранулометрическому типу — алевропелитам (частицы менее 0,01 мм составляют абсолютно преобладающее большинство), мы попытались классифицировать их по количеству фракций. Получилось четыре группы пород, состоящих соответственно из пяти (4 обр.), четырех (14 обр.), трех (10 обр.) и двух (7 обр.) фракций (табл. 1 рис. 1).

Как видно из табл. 1 и графиков рис. 1, все опробованные разности пород петропавловской свиты представлены лишь

Таблица 1

Сравнительная характеристика гранулометрического состава пород петропавловской свиты, подстилающих и перекрывающих отложений (по среднеарифметическим данным)

Фракции грануло- метрическо- го состава (мм)	Содержание фракций (в %)					
	блюментальская свита (верхняя подсвита)	петропавловская свита				донгузская свита (нижняя часть)
		подсвиты			свита в целом	
		нижняя	средняя	верхняя		
Породы, состоящие из 5 фракций						
1,0—0,5	0,8	—	—	—	—	0,6
0,5—0,25	9,2	—	—	—	—	2,6
0,25—0,1	8,8	—	—	—	—	0,5
0,1—0,01	8,6	—	—	—	—	1,5
0,01	72,6	—	—	—	—	94,5
Породы, состоящие из 4 фракций						
0,5—0,25	0,1	1,7	0,2	0,4	0,6(0,1—1,7)	0,5(0,1—1,7)
0,25—0,1	1,0(0,4—1,4)	2,7	2,5	1,2	1,6(0,1—3,2)	2,5(0,1—6,1)
0,1—0,01	6,2(3,0—9,6)	2,9	12,6	6,8	7,1(0,5—24,2)	11,9(4,0—24,4)
0,01	92,7(88,9—95,8)	92,7	84,7	91,6	90,7(72,7—99,3)	85,1(72,1—95,5)
Породы, состоящие из 3 фракций						
0,25—0,1	—	—	0,5	0,6	0,5(0,1—1,5)	1,5(0,6—2,9)
0,1—0,01	—	—	5,5	8,2	7,0(0,6—20,9)	21,4(5,5—47,8)
0,01	—	—	94,0	91,2	92,5(77,6—98,5)	77,1(49,3—93,8)
Породы, состоящие из 2 фракций						
0,1—0,01	—	2,3	4,8	9,6	7,2(0,4—18,9)	2,2
0,01	—	97,7	95,2	90,4	92,8(81,1—99,6)	97,8

Примечание. В скобках указаны крайние значения колебаний содержания той или иной фракции в пределах одной группы пород.

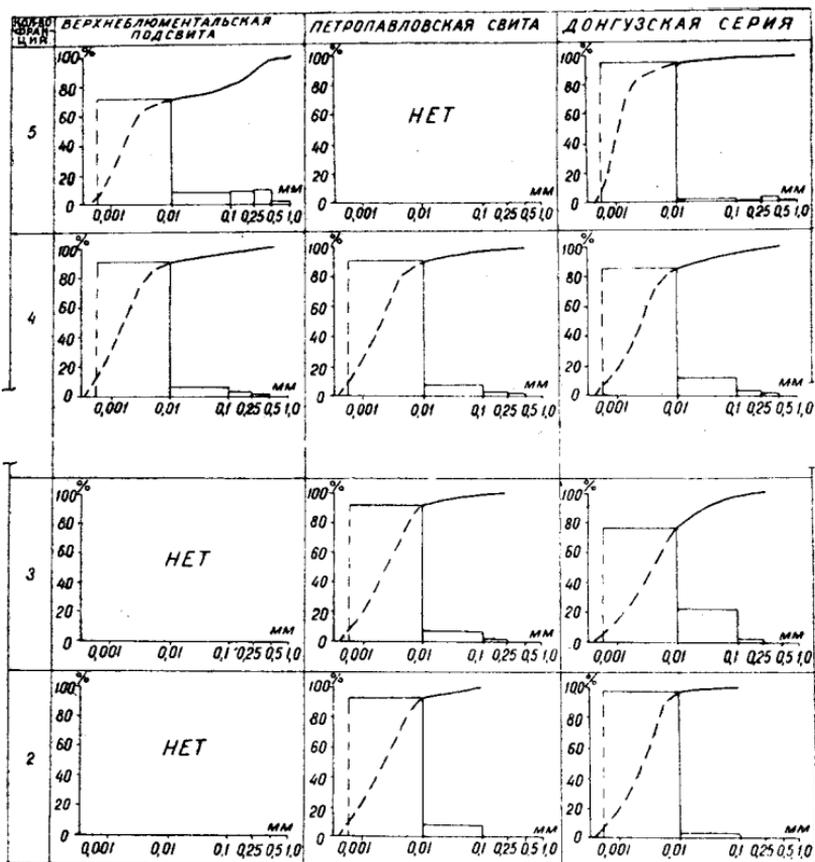


Рис. 1. Суммарные кумулятивные кривые и гистограммы гранулометрического состава пород петропавловской свиты, подстилающих и покрывающих отложений.

тремя группами (5-фракционные породы отсутствуют). Основная фракция — менее 0,01 мм — составляет в среднем от 84,7 до 97,7%. Тонкозернистые и собственно алевритовые примеси (фр. 0,1—0,01 мм) невелики — в среднем от 2,3 до 12,6%. Среднее количество мелко- и среднезернистых песчаных частиц (фр. 0,25—0,1 мм и 0,5—0,25 мм) варьирует в пределах, соответственно, 0,5—2,7% и 0,2—0,6%. Более грубый кластический материал отсутствует.

Во всех без исключения проанализированных образцах

установлена строго последовательная обратная зависимость между размерами фракций и их содержанием, то есть каждая более крупная фракция присутствует в меньшем количестве, чем стоящая перед ней более мелкая. Это хорошо видно как на гранулометрических гистограммах, так и на построенных в полулогарифмическом масштабе суммарных кумулятивных кривых, характеризующихся пологим повышением в своих верхних — аргументированных — отрезках*.

Рассмотренные выше особенности гранулометрического состава изученных пород петропавловской свиты свидетельствуют о высокой степени постоянства гидродинамических условий их накопления. Этим обычно в условиях континента отличаются небольшие неглубокие озера, питаемые медленно текущими водными (речными) потоками, не способными в межень транспортировать сколько-нибудь грубый кластический материал. Лишь в кратковременные периоды дождей или снеготаяния незначительно увеличивалось поступление в бассейн более крупных минеральных зерен. Не исключено, что известную роль в привносе алевропесчаного материала в озера играл золотой фактор.

Изложенные соображения хорошо согласуются и дополняются текстурными особенностями описываемых отложений: тонкой горизонтальной слоистостью, обусловленной механической дифференциацией кластического материала, знаками ряби волнения, трещинами усыхания, пустотами от корней растений и др. Реальность такой палеогеографической обстановки подтверждается также приуроченностью петропавловского разреза к раннетриасовой западной структурно-фациальной зоне Предуральяского прогиба, значительно удаленной от основного источника терригенного материала — горного Урала.

Среди однотипных в гранулометрическом (и фациальном)

* Круто вздымающиеся (пунктирные) участки всех представленных на рис. 1 кривых являются уже не аргументированными, а условными, искаженными из-за отсутствия фактических данных и резко сжатого (уплотненного) размерного масштаба на отрезке оси абсцисс от 0,001 влево, к нулевой точке координат (нуль в логарифмическом исчислении — минус бесконечность). Поскольку линии кривых и медианного размера зерен, в случае их проведения, на всех графиках укладывались бы именно на условных частях кривых в пределах краевой фракции (менее 0,01 мм), то вычисление квартильных гранулометрических коэффициентов (сортировки, асимметрии) и других показателей, очевидно, лишено смысла. Но, с другой стороны, сам факт резкого преобладания в изученных породах лишь одной фракции (менее 0,1 мм) уже свидетельствует о высокой степени сортировки в рамках имеющейся размерной градации.

отношении пород верхнеблюментальской подсвиты не обнаружены различия, состоящие из двух и трех фракций, обычные для петропавловской свиты, но зато появляются 5-фракционные (см. рис. 1). Они отличаются относительно повышенной песчаностью, большей крупностью и разнозернистостью песчаного материала. Отсутствует в них отмеченная для петропавловских отложений обратная зависимость между крупностью фракций и их содержанием. Все это, видимо, является следствием несколько более разнообразных и менее устойчивых, чем описанные выше, гидродинамических условий седиментации, обусловленных, в свою очередь, вероятно, климатическими факторами. Группа пород, состоящих из четырех фракций, не отличается от таковой для петропавловской свиты.

В донгузской серии присутствуют все группы алевропелитовых пород. Причем трех- и четырехфракционные различия отличаются от соответствующих петропавловских отложений несколько повышенной, а двухфракционные, наоборот, пониженной алевритистостью. Породы, состоящие из пяти фракций, характеризуются незначительной примесью разнозернистого алевропесчаного материала и некоторым нарушением последовательности обратной связи между крупностью зерен и их содержанием.

Тектурные признаки изученных литологических различий отложений блюментальского и донгузского возраста не отличаются от таковых петропавловской свиты. Это в сочетании с особенностями гранулометрического состава пород, также в основном сходными между собой, позволяет считать их близкими в фаціальном отношении. Отсюда вытекает правомерность приведенного ниже сравнительного анализа их минералогической характеристики.

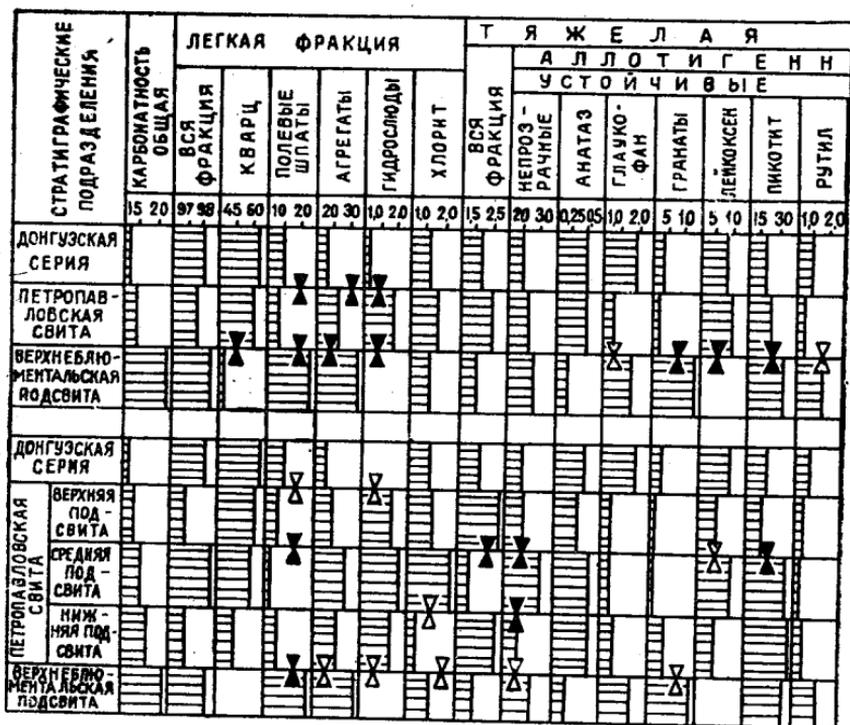
* *

*

Как указывалось выше, иммерсионному анализу подвергалась объединенная фракция 0,25—0,01 мм. Содержание каждого минерала легкой фракции определялось в процентах к общему числу подсчитанных в ней зерен. Таким же образом выражалось процентное соотношение непрозрачных рудных и прозрачных аутигенных минералов тяжелой фракции. Все прозрачные аллотигенные минералы этой фракции приравнивались к 100%; содержание каждого из них определялось лишь внутри этой группы. Наряду с этим проводилось исследование прозрачных шлифов под микроскопом.

Результаты минералогических исследований были подвергнуты статистической обработке на ЭВМ с целью выявления информативных показателей и корреляционных связей между минеральными компонентами. Сравнительная характеристика распределения минералов по рассматриваемому интервалу разреза и степень информативности показателей по результатам статистической обработки на ЭВМ приведены в табл. 2 и 3, а также на диаграммах рис. 2.

Все изученные отложения отличаются высокой карбонатностью, последовательно уменьшающейся снизу вверх по разрезу. В том же направлении соответственно убывает соотношение общей карбонатности и терригенной части пород. В шлифах



Х 1 Х 2

Рис. 2. Сравнительная минералогическая характеристика отложений с учетом данных статистической обработки на 1-процентном уровне значимости; 2 — то же при 5-процентном уровне значимости в пределах того или иного стратиграфического

Статистические характеристики распределения минералов по стратотипическому разрезу петропавловской свиты, подстилающих и покрывающих отложений (результаты обработки на ЭВМ)

Стратиграфические подразделения	Количество обр. (n)	Карбонатность общая		Легкая фракция										
				вся фракция		кварц		полевые штаты		обломки пород		гидрослюды		
		\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	
Донгузская серия	10	13,57	109,5	98,10	1,91	67,95	90,48	10,88	17,38	17,25	21,55	0,18	0,07	
Петропавловская свита	21	14,48	74,7	97,35	4,48	62,01	149,01	6,46	16,60	24,98	93,58	1,88	3,97	
Верхнеблюментальская подсвита	4	39,12	684,4	98,35	1,05	31,18	78,56	27,78	16,58	38,88	51,97	—	—	
Донгузская серия	10	13,57	109,5	98,10	1,91	67,95	90,48	10,88	17,38	17,25	21,55	0,18	0,07	
Петропавловская свита	верхняя подсвита	13	13,11	48,4	96,92	42,45	65,95	103,0	7,48	13,18	22,90	120,57	1,17	5,20
	средняя подсвита	5	15,52	6,0	98,66	0,49	61,06	81,7	2,98	4,79	29,92	34,13	2,38	2,19
	нижняя подсвита	3	18,67	403,6	97,00	12,67	46,50	244,5	7,83	37,40	25,17	55,04	1,77	3,24
Верхнеблюментальская подсвита	4	39,12	684,4	98,35	1,05	31,18	79,6	27,78	16,58	38,88	51,97	—	—	

Стратиграфические подразделения	Легкая фракция		Тяжелая фракция												
	Хлорит		вся фракция		аллотигенные минералы										
					устойчивые минералы										
					непрозрач.		анатаз		глаукофан		гранаты		лейкоксен		
	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S_2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	
Донгузская серия	1,29	1,66	1,90	1,91	20,04	101,53	0,52	0,28	2,14	9,57	2,75	8,58	8,87	27,75	
Петропавловская свита	1,85	3,07	2,65	4,50	23,13	74,09	0,76	2,23	0,60	0,20	2,27	4,43	10,23	181,93	
Верхнеблюментальская подсвита	1,58	0,49	1,65	1,05	26,55	33,31	0,20	0,06	1,75	1,10	14,22	78,68	—	—	
Донгузская серия	1,29	1,66	1,90	1,91	20,04	101,53	0,52	0,28	2,14	9,57	2,75	8,58	8,87	27,75	
Петропавловская свита	верхняя подсвита	1,84	2,95	3,08	4,27	20,82	71,93	0,40	0,21	0,57	0,20	1,93	1,48	6,28	8,58
	средняя подсвита	2,69	43,07	1,34	0,50	32,04	71,93	1,82	8,54	0,56	0,16	1,64	0,21	10,36	12,48
	нижняя подсвита	0,53	0,04	3,00	12,67	18,30	22,51	0,57	0,24	0,80	0,39	4,77	23,96	27,17	121,90
Верхнеблюментальская подсвита	1,58	0,49	1,65	1,05	26,65	33,31	0,20	0,06	1,75	1,10	14,22	78,68	—	—	

Стратиграфические подразделения		Тяжелая фракция													
		аллотигенные минералы													
		устойчивые минералы										неустойчивые минералы			
		пикотит		рутил		ставролит		турмалин		циркон		актинолит		биотит	
\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2
Донгузская серия		18,43	288,23	0,91	1,82	0,03	0,01	2,04	3,77	2,63	4,92	1,17	4,82	0,08	0,02
Петропавловская свита		21,80	256,89	0,50	0,19	0,07	0,02	1,59	1,88	2,46	1,15	1,07	5,55	0,27	0,14
Верхнебл ю м е н тальская подсвита		33,32	6,32	1,52	0,82	0,20	0,06	2,95	3,90	6,18	1,76	0,48	0,32	—	—
Донгузская серия		18,43	288,23	0,91	1,82	0,03	0,01	2,04	3,77	2,63	4,92	1,17	4,82	0,08	0,02
Петропавловская свита	верхняя подсвита	15,59	187,26	0,49	0,06	0,12	0,02	1,45	1,80	2,57	1,36	0,25	0,12	0,27	0,16
	средняя подсвита	39,18	69,56	0,44	0,30	—	—	2,68	1,40	2,62	0,59	0,50	1,02	0,38	0,18
	нижняя подсвита	19,73	294,14	0,63	0,86	—	—	0,43	0,10	1,70	1,12	5,60	16,75	0,10	0,03
Верхнебл ю м е н тальская подсвита		33,32	6,32	1,52	0,82	0,20	0,06	2,95	3,90	6,18	1,76	0,48	0,32	—	—

Стратиграфические подразделения	Тяжелая фракция										Некоторые соотношения				
	аллотигенные минералы								аутиген. минер.		карбонаты терригенные		кварц поleshпаты		
	неустойчивые материалы								лимонит						
	роговая обманка		тремолит		хлорит		эпидот								
	\bar{X}	S ²	\bar{X}	S ²	\bar{X}	S ²	\bar{X}	S ²	\bar{X}	S ²	\bar{X}	S ²	\bar{X}	S ²	
Донгузская серия	5,83	59,30	0,38	0,19	0,68	0,11	50,34	744,84	1,50	2,75	0,18	0,04	8,03	39,13	
Петропавловская свита	2,47	31,94	1,04	0,85	1,18	1,05	50,91	652,41	1,29	2,26	0,18	0,02	13,55	116,63	
Верхнеблюментальская подсвита	5,00	11,01	0,12	0,02	0,78	1,18	29,25	34,86	10,28	22,10	0,92	0,63	1,18	0,17	
Донгузская серия	5,83	59,30	0,38	0,19	0,68	0,11	50,34	744,84	1,50	2,75	0,18	0,04	8,03	39,13	
Петропавловская свита	верхняя подсвита	0,82	0,34	0,65	0,58	1,25	1,32	64,61	320,10	1,58	3,18	0,16	0,01	11,92	70,58
	средняя подсвита	0,98	0,67	1,54	0,92	1,52	0,64	33,68	48,06	0,86	0,89	0,18	0,01	2,96	261,82
	нижняя подсвита	12,07	154,65	1,87	0,52	0,37	0,04	20,27	1137,1	0,77	0,36	0,29	0,14	8,23	22,12
Верхнеблюментальская подсвита	5,00	11,01	0,12	0,02	0,78	1,18	29,25	34,86	10,3	22,10	0,32	0,63	1,18	0,17	

Стратиграфические подразделения		Некоторые соотношения					
		легкая фр.		аллотигенные		устойчивые	
		тяжелая фр.		аутигенные		неустойчивые	
		\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2
Донгузская серия		107,90	10 015,26	94,31	12 044,12	1,85	8,00
Петропавловская свита		82,48	6213,91	149,17	22 409,95	1,07	1,05
Верхнеблюментальская подсвита		86,20	3664,26	7,68	23,61	1,92	0,60
Донгузская серия		107,90	10 015,26	94,31	12 044,12	1,85	8,00
Петропавлов- ская свита	верхняя подсвита	77,17	8176,74	144,23	21 679,76	0,58	0,22
	средняя подсвита	98,30	4045,78	145,80	27 159,26	1,68	0,17
	нижняя подсвита	79,17	4161,64	176,20	38 414,64	2,13	4,72
Верхнеблюментальская подсвита		86,20	3664,26	7,68	23,61	1,92	0,64

Информативность минералов и некоторых других показателей в стратотипическом разрезе петропавловской свиты, подстилающих и покрывающих отложениях (по данным обработки на ЭВМ)

Стратиграфические подразделения	Карбонатность об-щая	Легкая фракция						Тяжелая фракция	
		вся фракция	кварц	полевые шпаты	обломки пород	гидрослюды	хлорит	вся фракция	
Донгузская серия	0,06	1,40	2,18	(7,72)	(8,84)	(14,71)	1,01	1,40	
Петропавловская свита	3,48	2,11	(35,23)	(92,03)	(11,20)	(18,63)	0,48	2,11	
Верхнеблюментальская подсвита									
Донгузская серия	0,01	2,67	0,23	(4,19)	2,79	(5,74)	0,76	2,67	
Петропавловская свита	верхняя подсвита	1,18	(7,11)	0,99	(10,29)	3,06	0,54	0,65	(7,06)
	средняя подсвита	0,07	0,64	2,17	1,75	0,90	0,25	(5,26)	0,64
	нижняя подсвита	1,37	0,41	2,32	(23,94)	04	2,89	(40,58)	0,41
	Верхнеблюментальская подсвита								

Примечания. 1) в скобках даны информативные минералы и показатели. 2) $\tau^{23\%} = 3,94$; $\tau^{21\%} = 6,64$.

Стратиграфические подразделения		Тяжелая фракция							
		аллотигенные минералы							
		устойчивые минералы			неустойчивые минералы				
		турмалин	циркон	сумма устойчивых минер.	актинолит	биотит	роговая обманка	тремолит	хлорит
Донгузская серия		0,42	0,05	3,21	0,01	(4,24)	1,52	(7,28)	(4,19)
Петропавловская свита		1,72	(27,90)	(3,96)	1,04	(10,66)	1,50	(18,09)	0,49
Верхнеблюментальская подсвита									
Донгузская серия		0,68	0,01	(4,01)	1,74	2,50	(4,21)	1,17	2,85
Петропавловская свита	верхняя подсвита	3,64	0,01	(3,85)	0,30	0,25	0,15	3,42	0,33
	средняя подсвита	(16,08)	1,72	1,96	(4,49)	1,69	2,38	0,30	(9,38)
	нижняя подсвита	(6,27)	(24,60)	1,78	(4,64)	1,00	0,92	(16,84)	0,54
Верхнеблюментальская подсвита									

Полевые шпаты — бесцветные, редко — сероватые (сосюритизированные) зерна призматической, полуокатанной и полуугловатой формы; наблюдается вся гамма переходов от основных (преобладающих) до кислых полисинтетически сдвойникованных плагиоклазов, очень редко встречается микроклин.

«Агрегаты» представлены обломками эффузивных пород от кислого до основного состава (особенно многочисленны они в верхнеблюментальской подсвете), выше появляются кремни и кварциты (петропавловская свита), которые в донгузской серии преобладают. Обломки эффузивных пород, особенно основного состава, сильно разрушены и превращены в скопления тончайших зерен рудных, хлорита и серицита. Цвет их разнообразный — серый, зеленовато-серый, коричневый, бурый.

Гидрослюды — зерна коричневого, бурого, зеленовато-бурого цвета, пластинчатые, иногда полуокатанные.

Хлорит — зеленые, буро-зеленые, слабо плеохроирующие листочки и пластинки.

Мусковит — единично встречающиеся далеко не во всех образцах мелкие бесцветные пластинки и таблички.

Опал — бесцветные, неправильной, полуокруглой или угловатой формы зерна, столь же редко и спорадически найденные, как и мусковит.

Анализируя изменения содержания породообразующих минералов легкой фракции снизу вверх по изученному разрезу, можно обнаружить достаточно явные закономерности.

Так, количество кварца последовательно возрастает от 31,2% в верхнеблюментальских отложениях до 68,0% в донгузских, а агрегатов, наоборот, уменьшается соответственно с 38,9 до 17,2%. Полевых шпатов относительно мало в петропавловской свите (6,4%) и много в верхнеблюментальской подсвете (27,8%). В самой петропавловской свите вверх по разрезу закономерно увеличивается лишь содержание кварца.

Соотношение кварца, полевошпатов и «агрегатов» в сравниваемых отложениях (количество первого принимается за 1) составляет соответственно: в верхнеблюментальской подсвете — 1 : 0,9 : 1,24; в петропавловской свите — 1 : 0,1 : 0,4; в донгузской серии — 1 : 0,16 : 0,25. Учитывая это и упомянутые выше результаты изучения петрографического состава «агрегатов» под микроскопом, можно видеть, что, во-первых, все без исключения исследованные породы принадлежат к группе полимиктовых. Во-вторых, снизу вверх по разрезу происходит смена отложений преимущественно пиробикластических (верх-

неблюментальская подсвита) существенно кремнекластически (петропавловская свита) и, наконец, в основном полевошпатово-кремне-кварцевыми (донгузская серия) разностями. Информативными среди породообразующих компонентов легкой фракции отложений петропавловской свиты по отношению к подстилающим верхнеблюментальским породам являются кварц, полевые шпаты, «агрегаты» и гидрослюды, а по отношению к покрывающим донгузским образованиям — полевые шпаты, «агрегаты», а также гидрослюды (см. табл. 3).

Менее существенны различия в содержании минералов легкой фракции между подсвитами петропавловской свиты. Верхняя и средняя подсвиты достоверно отличаются по содержанию всей легкой фракции и полевых шпатов, средняя и нижняя — только по хлориту. На границе верхнеблюментальской и нижнепетропавловской подсвит информативными являются полевые шпаты, «агрегаты» и хлорит, а верхнепетропавловской подсвиты и донгузской серии — полевые шпаты и гидрослюды.

Возможные причины указанного характера распределения по описываемому разрезу породообразующих минералов будут разобраны ниже, после сравнительного анализа тяжелой фракции.

В тяжелой фракции изученных пород обнаружено присутствие 30 минералов, подразделенных на две основные группы: аллотигенные и аутигенные.

В составе первой из них диагностировано 23 минерала, которые, в свою очередь, разделены на две подгруппы: химически устойчивые и неустойчивые минералы*.

В подгруппе химически устойчивых аллотигенных минералов постоянно значительное место (4,8—36,4%) принадлежит непрозрачным. Они представлены в основном черными, буро-черными, угловатыми, полуугловатыми, угловато-округлыми зернами ильменита и, реже, магнетита; первый обычно в разной степени лейкоксенизирован, второй — иногда слабо лимонитизирован.

Среди прозрачных устойчивых аллотигенных минералов определено 12 видов:

анатаз — в виде буро-черных таблитчатых, полосчато-окрашенных единичных зерен встречен примерно в $\frac{2}{3}$ изученных препаратов;

* Поскольку преобладающие размеры изученных минеральных зерен составляют 0,15—0,05 мм, для которых устойчивость к истиранию при переносе не имеет сколь-либо существенного значения, абразивная прочность тех или других минералов нами не учитывалась.

глаукофан — призматические зерна, плеохроирующие от голубоватого и синего до сиреневого цвета, обычно в небольших количествах (0,2—2,8, редко до 9,7%) присутствуют во всех образцах;

гранаты ряда альмандина-спессартина — бесцветные, розовые зерна угловатой и полуугловатой формы; содержатся во всех образцах в количестве от 0,3 до 27,2%;

корунд — единичные бесцветные, реже голубоватые или бледно-серые зерна угловатой и оскольчатой формы; встречаются примерно в половине препаратов;

лейкоксен — почти постоянно присутствующий в породах петропавловской свиты и донгузской серии минерал (до 19,4%), представленный черными полуокатанными зернами;

пикотит — черные, иногда красные или коричневые, угловатые оскольчатые зерна, присутствующие почти во всех образцах в количестве до 67,3%;

рутил — коричневые, темно-коричневые зерна призматической полуокатанной формы, редко коленчато сдвойникованные; обнаружен в небольшом количестве (до 3,7%) почти во всех препаратах;

сфен — бесцветные полуокатанные, полуугловатые, изредка лейкоксенизированные зерна; содержатся во всех образцах (до 4,6%);

турмалин — постоянно присутствует в препаратах (0,2—0,6%) в виде призматических, резко плеохроирующих от розовато-серого, буро-серого до темно-зеленого и от бесцветного до темно-зеленого, сине-зеленого или почти черного цвета;

циркон — обычный для всех пород минерал (0,4—8,3%), образующий бесцветные полуокатанные призматические, редко бипирамидально-призматические зерна;

ставролит — мелкие округлые зерна золотисто-желтого цвета, иногда едва заметно плеохроирующие; встречен в виде единичных зерен примерно в четверти изученных препаратов;

кианит (дистен) — единично обнаружен всего лишь в трех образцах.

К подгруппе неустойчивых аллотигенных минералов отнесено 9 видов:

актинолит — отмечен почти в половине препаратов (до 9,1%) в виде зеленых, бледно-зеленых призматических и удлиненно-призматических волокнистых зерен, иногда слабо лимонитизированных;

роговая обманка — обнаружена во всех образцах (0,2—26,2%), зерна зеленые, бледно-зеленые, бурые, призма-

тической или удлиненнопризматической полуокатанной формы; тремолит — бесцветные зерна призматической формы, часто волокнистого строения, изредка слабо лимонитизированные; присутствуют в преобладающем числе препаратов в небольшом количестве (до 2,7%);

эпидот — постоянно присутствующий в значительных количествах (до 83,7%) минерал, зерна его бесцветные, бледно- или зеленовато-серые, призматические, неправильной формы, угловатые, полуугловатые, полуокатанные, редко окатанные;

биотит, мусковит, пироксены, хлорит и гидрослюда встречаются в небольших количествах и далеко не во всех образцах (кроме хлорита).

В группу аутигенных минералов тяжелой фракции отнесены часто присутствующий лимонит (до 15,4%) и спорадически встречающиеся в незначительном количестве ангидрит, барит, глаукоцит, пирит, сидерит, брукит.

Как видно из табл. 3 и рис. 2, отличия пород петропавловской свиты по минеральному составу тяжелой фракции наиболее существенны относительно подстилающих верхнеблюментальных отложений: из 22 показателей информативными являются тринадцать. К их числу принадлежат гранаты, лейкоксен, пикотит, циркон, биотит, тремолит, эпидот, лимонит, отношение алло- и аутигенных минералов, глаукофан, рутил, суммы устойчивых и неустойчивых минералов.

Отличия пород петропавловского возраста от покрывающих образований донгузской серии выражены слабее. Из того же общего количества сопоставляемых показателей (22) статистически достоверные расхождения обнаруживают лишь четыре: тремолит, биотит, роговая обманка и хлорит.

Нижняя и средняя петропавловские подсвиты достоверно отличаются друг от друга лишь по четырем показателям тяжелой фракции: непрозрачным минералам в целом, турмалину, хлориту и актинолиту; средняя и нижняя — по девяти: тяжелой фракции в целом, непрозрачным минералам, пикотиту, ставролиту, эпидоту, отношению устойчивых и неустойчивых минералов.

Примерно в таком же соотношении находятся различия между породами нижнепетропавловской и верхнеблюментальной подсвиты, с одной стороны (информативны циркон, тремолит, непрозрачные минералы, гранаты, турмалин, актинолит и отношение алло- и аутигенных минералов), и отложениями верхнепетропавловской подсвиты и донгузской серии — с дру-

гой (информативны суммы устойчивых и неустойчивых минералов, роговая обманка и соотношение устойчивых и неустойчивых минералов).

Выдержанное уменьшение вверх по разрезу обнаруживают непрозрачные, пикотит, сумма устойчивых минералов и соотношение устойчивых и неустойчивых минералов. Сумма последних в том же направлении, наоборот, увеличивается. При сравнении подсвит петропавловской свиты такая закономерность исчезает.

Последовательность размещения минералов внутри сравниваемых стратиграфических подразделений в порядке убывания их содержания отражена в табл. 4. Исходя из этих данных, а также учитывая сведения по информативности показателей тяжелой фракции, приведенные в табл. 3 и на рис. 2, можно наметить следующие характерные минеральные ассоциации*:

для петропавловской свиты в целом: *эпидот* — непрозрачные — пикотит — *лейкоксен* — роговая обманка + *тремолит*;

для нижнепетропавловской подсвиты: пикотит — эпидот — непрозрачные — роговая обманка — *актинолит* + *тремолит*;

для среднепетропавловской подсвиты: *пикотит* — эпидот — *непрозрачные* — *лейкоксен* + *турмалин* + *хлорит*;

для верхнепетропавловской подсвиты: *эпидот* — непрозрачные — пикотит — *лейкоксен* + *ставролит*;

для верхнеблюментальской подсвиты: *пикотит* — эпидот — непрозрачные — *гранаты* — *циркон* + *лимонит*;

для донгузской серии: эпидот — непрозрачные — пикотит — *лейкоксен* — *роговая обманка*.

Поскольку изученные нами породы являются многокомпонентными системами, представляется интересным выяснение корреляционной зависимости между отдельными минералами. Рассчитанные для тяжелой фракции пород петропавловской

* Названия минералов, преобладающих в тяжелой фракции пород того или иного стратиграфического подразделения, размещены в ассоциациях в убывающем порядке их содержания и разделены знаком «—»; знаком «+» присоединены минералы, количество которых незначительно (или аутигенные), но статистически достоверно отличается от такового в выше- или нижележащих отложениях. Курсивом даны все минералы с достоверно различным максимальным для сравниваемых ассоциаций средним значением содержания.

**Последовательность расположения минералов тяжелой фракции
в порядке убывания их содержания по сравниваемым
стратиграфическим подразделениям
Наименование стратиграфических подразделений**

Верхнеблюментальская подсвита	Петропавловская свита	Донгузская серия
Пикотит (33,4%) Эпидот (29,5%) Непрозрачные (26,6%) Гранаты (14,2%) Лимонит (10,5%) Циркон (6,2%) Рог. обманка (5,1%) Турмалин (3,0%) Глаукофан (1,8%) Рутил (1,5%) Отсутствуют: Лейкоксен Биотит	Эпидот (50,0%) Непрозрачные (23,2%) Пикотит (22,4%) Лейкоксен (10,2%) Рог. обманка (2,5%) Циркон (2,5%) Гранаты (2,3%) Турмалин (1,6%) Лимонит (1,3%) Хлорит (1,2%) Актинолит (1,1%)	Эпидот (50,3%) Непрозрачные (20,0%) Пикотит (18,4%) Лейкоксен (8,9%) Рог. обманка (5,8%) Гранаты (2,8%) Циркон (2,6%) Глаукофан (2,1%) Турмалин (2,0%) Лимонит (1,5%) Актинолит (1,2%)
Нижнепетропавловская подсвита	Среднепетропавловская подсвита	Верхнепетропавловская подсвита
Пикотит (41,0%) Эпидот (20,3%) Непрозрачные (18,6%) Рог. обманка (12,1%) Лейкоксен (5,6%) Актинолит (5,6%) Гранаты (4,7%) Тремолит (1,9%) Циркон (1,7%)	Пикотит (39,2%) Эпидот (33,7%) Непрозрачные (32,0%) Лейкоксен (10,4%) Турмалин (2,7%) Циркон (2,7%) Гранаты (1,6%) Тремолит (1,5%) Хлорит (1,5%) Рог. обманка (1,0%) Отсутствуют Ставролит	Эпидот (64,7%) Непрозрачные (20,8%) Пикотит (15,6%) Лейкоксен (6,2%) Циркон (2,6%) Гранаты (1,9%) Лимонит (1,6%) Турмалин (1,4%) Хлорит (1,2%) Ставролит

Примечание. В таблице приведены лишь минералы, содержание которых превышает 1%. В скобках указано среднеарифметическое процентное содержание минерала. Поскольку даны пересчитанные количества, то сумма в каждом столбце превышает 100% («лишними» являются непрозрачные и лимонит).

свиты в целом корреляционные матрицы позволили выявить следующие парагенетические минеральные ассоциации **:

1) гранаты = эпидот = лейкоксен — актинолит — роговая обманка — тремолит — непрозрачные — пикотит — турмалин;

2) биотит — хлорит;

3) глаукофан — циркон.

Вне корреляционных связей стоят анатаз, рутил, ставролит.

Вполне очевидно, что все ассоциации в той или иной мере характерны для пород, в различной, преимущественно высокой степени метаморфизованных. При анализе расчетных корреляционных матриц обращает на себя внимание резко выраженная обратная корреляционная связь эпидота по отношению к гранатам, лейкоксену, пикотиту, актинолиту и роговой обманке. По-видимому, существенную роль в таком соотношении сыграл не только исходный состав материнских пород, но и фактор механической дифференциации в процессах переноса и осаждения терригенного материала. Прямая корреляционная связь биотита с хлоритом может в известной мере являться следствием разложения первого. Не находит пока удовлетворительного объяснения отсутствие, казалось бы, естественной в данном случае корреляционной связи между гранатами и глаукофаном.

Всё сказанное выше о минеральном составе и его изменениях в породах рассматриваемого возрастного интервала позволяет воссоздать некоторые черты палеогеографии того времени по терригенным компонентам.

В составе кластогенного материала отложений, возникших в конце индского века (верхнеблюментальская подсвита), весьма характерным является постоянное и более или менее существенное присутствие основных и средних эффузивов, кремнистых сланцев, кварца — в легкой фракции, а в тяжелой — таких типично метаморфических минералов, как глаукофан, гранат, эпидот, и связанных с ними аксессуаров, а также пикотита и ильменита. Это позволяет достаточно уверенно предполагать, что основным источником терригенного материала в позднеиндское время служили эффузивные и ультрабазитовые образования западного крыла Магнитогорского синклинория и глубоко метаморфизованные протерозойские породы приосевой части Урал-Таусского антиклинория (яман-

** Минералы, находящиеся в прямой корреляционной связи, соединены знаком «—», в обратной — знаком «=».

ташская свита). По-видимому, оба названных структурных элемента в описываемое время были орографически выраженными и являлись основными областями сноса для северной и центральной частей Предуральского прогиба. Небольшая интенсивность разрушения материнских пород, дальность и длительность переноса — все это, видимо, обусловило высокую степень дезинтеграции, истирания минеральных зерен и обломков пород, а также малое содержание в захороненных осадках неустойчивых минералов.

Затухание горообразовательных движений в зоне Урал-Тау и его постепенная пенепленизация в конце индского и начале оленёкского (петропавловского) веков привели к тому, что основным источником сноса постепенно становились все менее удаленные от области седиментации участки западного крыла указанного антиклинория, где развиты породы более низких ступеней метаморфизма. Роль Магнитогорского синклинория в поставке терригенного материала в это время значительно уменьшилась.

Все это, естественно, вызвало падение содержания в породах петропавловского возраста обломков эффузивов, полевых шпатов, глаукофана, гранатов, пикотита, рутила, турмалина и некоторых других минералов. Одновременно возросло значение кварца, кремнистых пород, кварцитов, слюд, хлорита, эпидота, то есть главных породообразующих компонентов и характерных минералов сланцевой и кварцевой групп, широко развитых в верхней части разреза яманской и ишимбетовской серий, а также для суваянского комплекса западного крыла Урал-Таусского антиклинория. Резкое увеличение в породах петропавловской свиты такого показателя, как отношение кварца к полевым шпатам, может, вероятно, являться не только результатом смены разрушавшихся в области сноса пород, но и частичного размыва, переноса и переотложения части нижележащих блюментальских образований более восточных участков Предуральского прогиба в средне- и особенно в позднепетропавловское время.

Последнее обстоятельство, по всей вероятности, приобрело еще большее значение в донгузское время, когда процессы переотложения ранее возникших осадочных образований предгорных областей и краевой части Русской платформы начали играть главную роль в поставке обломочного материала. Именно этим, видимо, следует объяснить большое сходство минерального состава отложений верхней части петропавловской свиты и донгузской серии.

Литература

А. Н. Мазарович. Стратиграфия пестроцветных образований верхней перми и нижнего триаса Русской платформы. — Бюлл. МОИП, нов. сер., т. 47, отд. геол., т. 17, вып. 1.

В. П. Твердохлебов. Новые данные по стратиграфии нижне- и среднетриасовых отложений Предуральяского прогиба в пределах Оренбургского и Башкирского Приуралья. — В сб.: Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья, вып. 3. Изд. Сарат. ун-та, 1966 а.

В. П. Твердохлебов. Общие черты палеогеографии индского и оленёкского веков территории Оренбургского и Башкирского Приуралья. — В сб.: Вопр. геол. Южн. Урала и Поволжья, вып. III, Изд. Сарат. ун-та, 1966 б.
