

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВУЛКАНОГЕННО-ОБЛОМОЧНЫХ ТУРБИДИТОВ

А.М. Фазлиахметов

Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук, Уфа,  
famrb@mail.ru

Вулканогенно-обломочные отложения известны во многих складчатых областях, часто имеют большую мощность и простираются на десятки и сотни километров. Их изучение значимо для региональной геологии, но сопряжено с многочисленными трудностями, основной из которых является отсутствие удовлетворительных оснований для интерпретации геохимических и петрографических данных (Фазлиахметов, 2012). Практически неизвестно, какие факторы (кроме состава пород источника сноса) и в какой степени влияют на формирование состава вулканогенно-обломочных пород. Работы, частично или полностью посвященные этой проблеме, немногочисленны (Хворова, Елисеева, 1963; Широбокова, 1973; Ямада, 1987; Кураленко, 1989) и не дают ответов на многие актуальные вопросы.

В 2012–2013 годах нами изучались турбидиты девонских островодужных вулканогенно-обломочных комплексов Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала. Отбор образцов проводился из основания и кровли турбидитов так, чтобы разница в размерах обломков была максимальной. Часто образец брался и из средней части слоя. Таким образом, почти каждый из опробованных турбидитов был охарактеризован триадой образцов, например: песчаник грубозернистый с примесью гравия – песчаник крупнозернистый – песчаник мелкозернистый (классификация по (Шванов и др., 1998)). Всего было опробовано 29 турбидитов: 3 из отложений ирендыкской свиты (ранний эйфель по (Маслов, Артюшкова, 2010)), 24 из отложений улутауской свиты (живет – нижняя часть франа), 2 из отложений биягодинской свиты (верхняя часть франа – нижняя часть фамена).

Элементный состав пород определялся методами РФА, «мокрой химии» и ИСП-МС. Аналитические данные выносились на диаграммы гранулометрический состав – содержание элемента или значение модуля (рис. 1).

Сравнительный анализ состава кластолитов показал, что в турбидитах улутауской и ирендыкской свит с уменьшением размера зерен (снизу вверх внутри отдельно взятого турбидита) в большинстве случаев снижаются содержания  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$  общ.,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $Sc$ ,  $Li$ ,  $Co$ ,  $V$ , значения ГМ, АМ, ТМ, ФМ, ЖМ, F1, F2, F4; увеличиваются —  $SiO_2$ ,  $Zr$ ,  $Hf$ , F3 (рис. 1). Концентрации  $CaO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $Y$ ,  $Th$ ,  $U$ ,  $Pb$ ,  $Ta$ ,  $Nb$ , значения CIA, CIW, ICW, PIA могут как снижаться, так и увеличиваться вверх по слою, явных тенденций не наблюдается. Содержание  $Cr$  и  $Ni$  снижается с уменьшением размера зерен, но в ряде случаев возрастает в верхней половине циклита.

Связь гранулометрического состава песчаников с содержанием редкоземельных элементов не проявлена как по каждому из элементов, так и в различных комбинациях (сумма REE, сумма LREE, сумма HREE, LREE/HREE, Ce/Ce\*, Eu/Eu\*). Вариации содержаний РЗЭ внутри слоя в среднем незначительны, но в отдельных слоях существенны. Например, в одном из турбидитов улутауской свиты в кровле на 20 г/т (в 1,75 раза) больше HREE, чем в подошве.

На графиках распределения редкоземельных элементов, нормированных на хондрит, кривые песчаников разного гранулометрического состава, но одного турбидита могут накладываться друг на друга, пересекаться или располагаться параллельно на расстоянии от долей до 10 единиц. Связь взаиморасположения кривых с гранулометрическим составом кластолитов не выявлена. Характер кривых независимо от размера зерен соответствует составу и формационной принадлежности пород (рис. 2).

Вариации содержаний элементов в отдельно взятом слое турбидита иногда существенные. Разница может достигать следующих значений:  $SiO_2$  14,5 % (1,2 раза),  $TiO_2$  0,33 % (1,8 раза),  $Al_2O_3$  5,0 % (1,3 раза),  $Fe_2O_3$  3,5 % (1,9 раза),  $MgO$  2,0 % (2,1 раза),  $CaO$  3,9 % (2,4 раза),  $Na_2O$  0,7 %

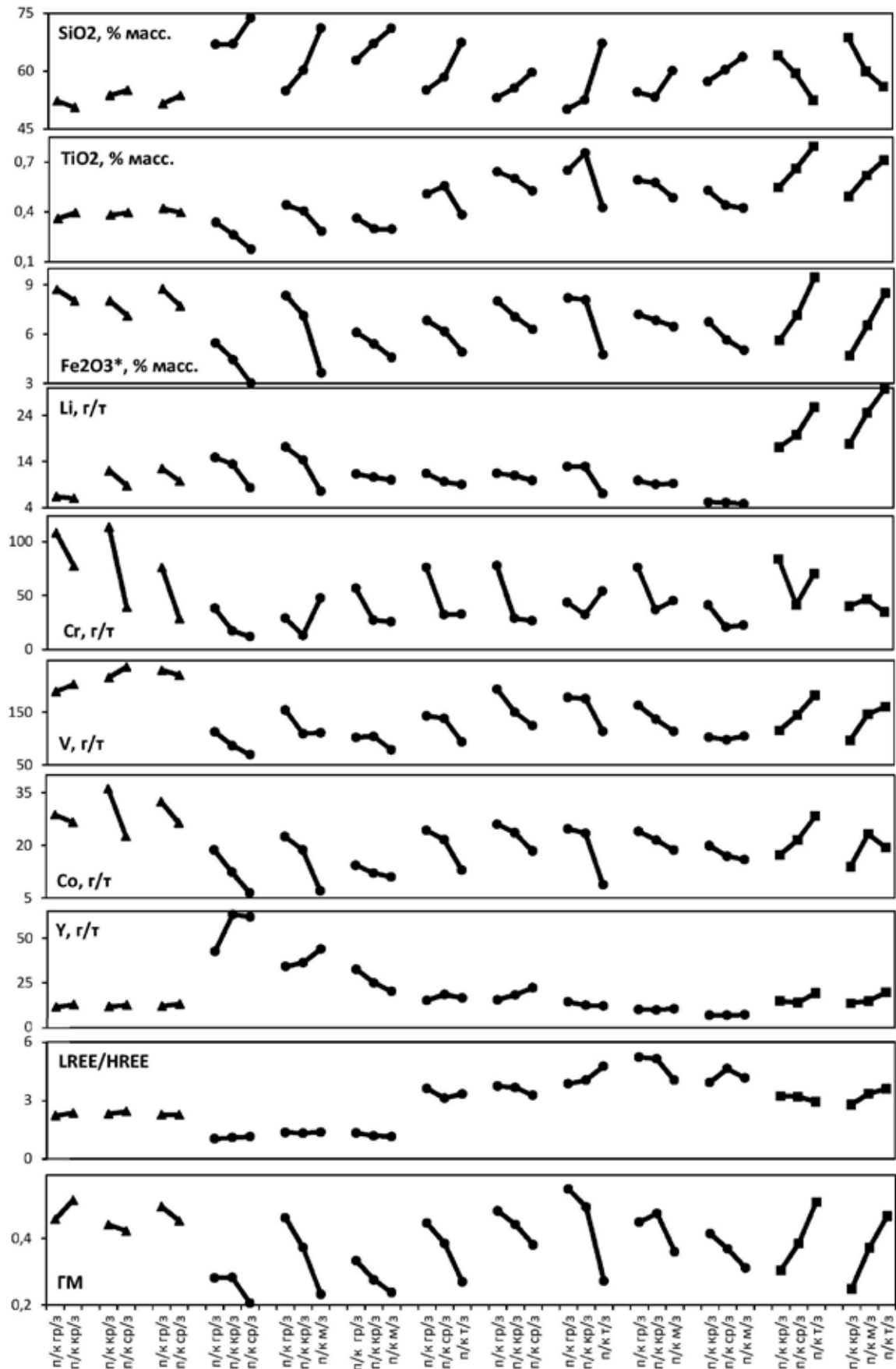


Рис. 1. Вариации состава песчаников в отдельно взятых турбидитах ирендыкской (треугольники), улутауской (круги) и бягодинской (квадраты) свит. Сокращения: п/к — песчаник; гр/з — грубозернистый; кр/з — крупнозернистый; ср/з — среднезернистый; м/з — мелкозернистый; т/з — тонкозернистый

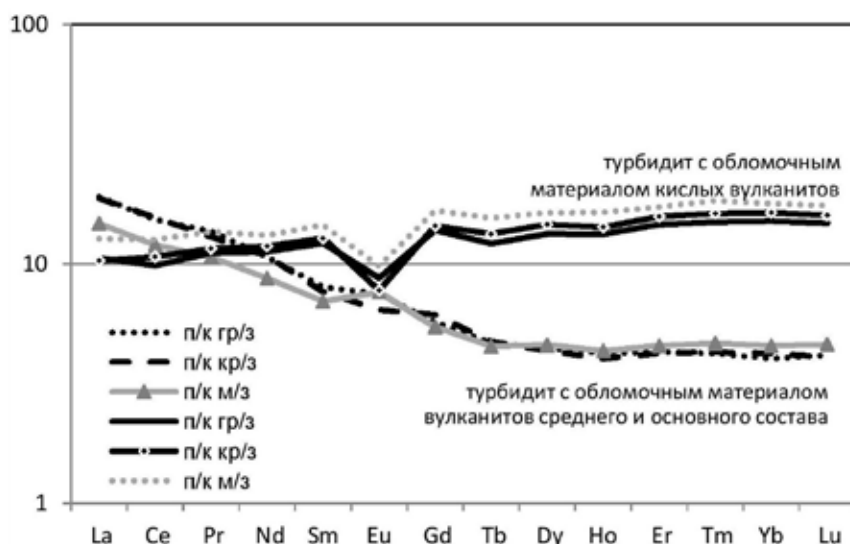


Рис. 2. Распределения РЗЭ, нормированных по хондриту, в двух турбидитах улутауской свиты

(1,2 раза),  $K_2O$  0,36 % (3,5 раза), Sc 10,2 г/т (1,7 раза), Co 11,7 г/т (2,6 раза), V 25 г/т (1,2 раза), Cr 74 г/т (2,9 раза), Ni 33,8 г/т (2,6 раза), Zr 21,9 г/т (1,6 раза), Hf 1,44 г/т (1,8 раза), Y 20,5 г/т (1,5 раза), Th 0,55 г/т (1,4 раза), ГМ 0,18 (1,7 раза), АМ 0,1 (1,55 раза), ТМ 0,014 (2,3 раза), ЖМ 0,2 (1,71 раза), ФМ 0,08 (4,6 раза), CIA 13 (1,3 раза), F1 1,79, F2 0,18, F3 5,9, F4 2,13.

Вариации состава песчаников внутри одного турбидита могут быть обусловлены дифференциацией обломочных зерен по крупности и плотности при их осаждении, как это происходит при сортировке тефры в речном потоке (Кураленко, 1989), но это объяснение, видимо, не является исчерпывающим. Например, трудно лишь плотностной дифференциацией обосновать увеличение содержания  $SiO_2$  на 14,5 % в кровле одного из турбидитов.

По полученным литохимическим данным был проведен нормативный пересчет на основные минералы вулканогенных пород в программе PetroExplorer 2.4 (автор Е.В. Кориневский). По его результатам в песчаниках верхних частей турбидитов содержание нормативного кварца повышено (до 39 % в средне-основных разностях), а содержание нормативного плагиоклаза и пироксенов понижено (16,5 % и 8,2 %, соответственно). Нормативный состав кластолитов основания турбидитов больше соответствует их составу, установленному микроскопически. Они в меньшей мере подвержены вторичным изменениям, что хорошо видно как под микроскопом, так и в обнажении. Следовательно, можно предполагать, что кластолиты основания турбидитов полнее отражают состав вулканогенных пород питающей провинции.

В турбидитах *биягодинской свиты* тренды изменения литогеохимического состава песчаников *противоположны* тем, что охарактеризованы выше. Лишь содержания Zr и Hf возрастают к кровле циклитов, также как в отложениях ирендыкской и улутауской свит. По всей видимости, эти отличия объясняются разными процессами мобилизации вулканогенно-обломочного материала, разным составом алевропелитовой составляющей осадков, подвергшихся переотложению турбидными потоками, и, следовательно, разными процессами постседиментационных преобразований. Вероятно, отложения ирендыкской и улутауской свит сформированы преимущественно из переотложенной тефры, а кластолиты биягодинской свиты — из вулканотерригенного материала, в некоторой степени претерпевшего выветривание.

Из изложенного следует, что вариации литогеохимического состава внутри отдельно взятых вулканогенно-обломочных турбидитов существенны и по многим параметрам закономерны, что вызвано процессами плотностной дифференциации в турбидном потоке и постседиментационными изменениями. Направление трендов содержания элементов (модулей, индексов) внутри слоя может служить индикаторным признаком, в частности, применяться для разделения турбидитов, сформированных при переотложении тефры и вулканотерригенной кластики. Состав пород питающей провинции при этом наиболее полно отражают кластолиты основания турбидитов, особенно гравелиты и грубозернистые песчаники.

*Исследования выполнены при поддержке РФФИ. Проект № 12-05-31505.*

*Литература*

*Кураленко Н.П.* Влияние вулканизма на формирование вещественного состава аллювия р. Камчатки и ее притоков // Литология и полезные ископаемые. 1989. № 3. С. 27–38.

*Маслов В.А., Артюшкова О.В.* Стратиграфия и корреляция девонских отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 288 с.

*Фазлиахметов А.М.* К методике интерпретации состава вулканогенно-обломочных пород // Новое в познании процессов рудообразования. Материалы молодежной школы по рудной геологии. Москва: ИГЕМ, 2012. С. 191–192.

*Хворова И.В., Елисеева Т.Г.* Структурные особенности туфовых турбидитов ирендыкской свиты // Бюл. МОИП. Отд. Геол. 1963. Т. 38, вып. 3. С. 87–98.

*Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др.* Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352 с.

*Широбокова Т.И.* Ритмично-слоистые толщи среднедевонского вулканогенно-обломочного комплекса и их соотношение с колчеданными формациями в Баймакском районе Южного Урала: Дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Свердловск: ИГГ УрО РАН, 1973.

*Ямада Э.* Подводные пирокластические потоки: развитие и отложения // Геология окраинных бассейнов. М.: Мир, 1987. С. 52–64.