

## ОТНОШЕНИЕ Cr/Ni В ТОНКОЗЕРНИСТЫХ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОДАХ ВЕНДА СРЕДНЕГО УРАЛА И ВЕРХНЕГО ПАЛЕОЗОЯ ЮЖНОГО УРАЛА

© 2013 г. А. В. Маслов, Г. А. Мизенс, М. Т. Крупенин

Исследуя в середине 1990-х гг. распределение элементов-примесей в тонкозернистых обломочных породах ордовикского Таконского форландового бассейна (Нью-Йорк, Квебек и СВ Ньюфаундленда), Дж. Гарвер с соавторами [8] установили, что наличие среди пород источников сноса ультраосновных образований может быть реконструировано по ряду признаков. Это, во-первых, повышенные содержания Cr (более 150 г/т) и Ni (более 100 г/т), во-вторых, значения отношения Cr/Ni ~1.3–1.5, и, в-третьих, сильная положительная корреляция ( $\geq 0.90$ ) между двумя указанными элементами. Присущие ультраосновным породам источников сноса соотношения между Cr и Ni, а также их абсолютные концентрации практически не трансформируются

в процессе седиментации тонкой алюмосиликокластики и “транслируются” в глинистые сланцы и аргиллиты. Для песчаников ситуация существенно иная. Как правило, величина отношения Cr/Ni в них в 2–2.5 раза больше, чем в ассоциирующих глинистых породах, и это свидетельствует о заметном фракционировании и хрома, и никеля при накоплении псаммитов. Иногда для реконструкции присутствия на палеоводосборах ультраосновных пород используются также отношения Cr/Ba и Ni/Ba; хром и никель являются здесь индикаторами ультраосновного компонента, а барий – кислого [9]. Дж. Гарвером и Т. Скоттом [7] было также показано, что при присущих глинистым породам более высоких значениях отношения Cr/Ni (~2.0 и выше) и корреляции Cr с V и Ti можно предполагать, что на палеоводосборах заметную роль играют основные вулканические образования. Так как во многих коллизионных зонах ультраосновные породы маркируют сутурные зоны/швы между различными литотектоническими ассоциациями, реконструкция былого их выведения на уровень эрозионного среза представляет весьма интересную и важную задачу.

**Таблица 1.** Средние, минимальные и максимальные содержания ряда элементов-примесей в тонкозернистых обломочных породах верхнего венда и верхней перм-триаса Среднего и Южного Урала и значения свойственных им индикаторных соотношений

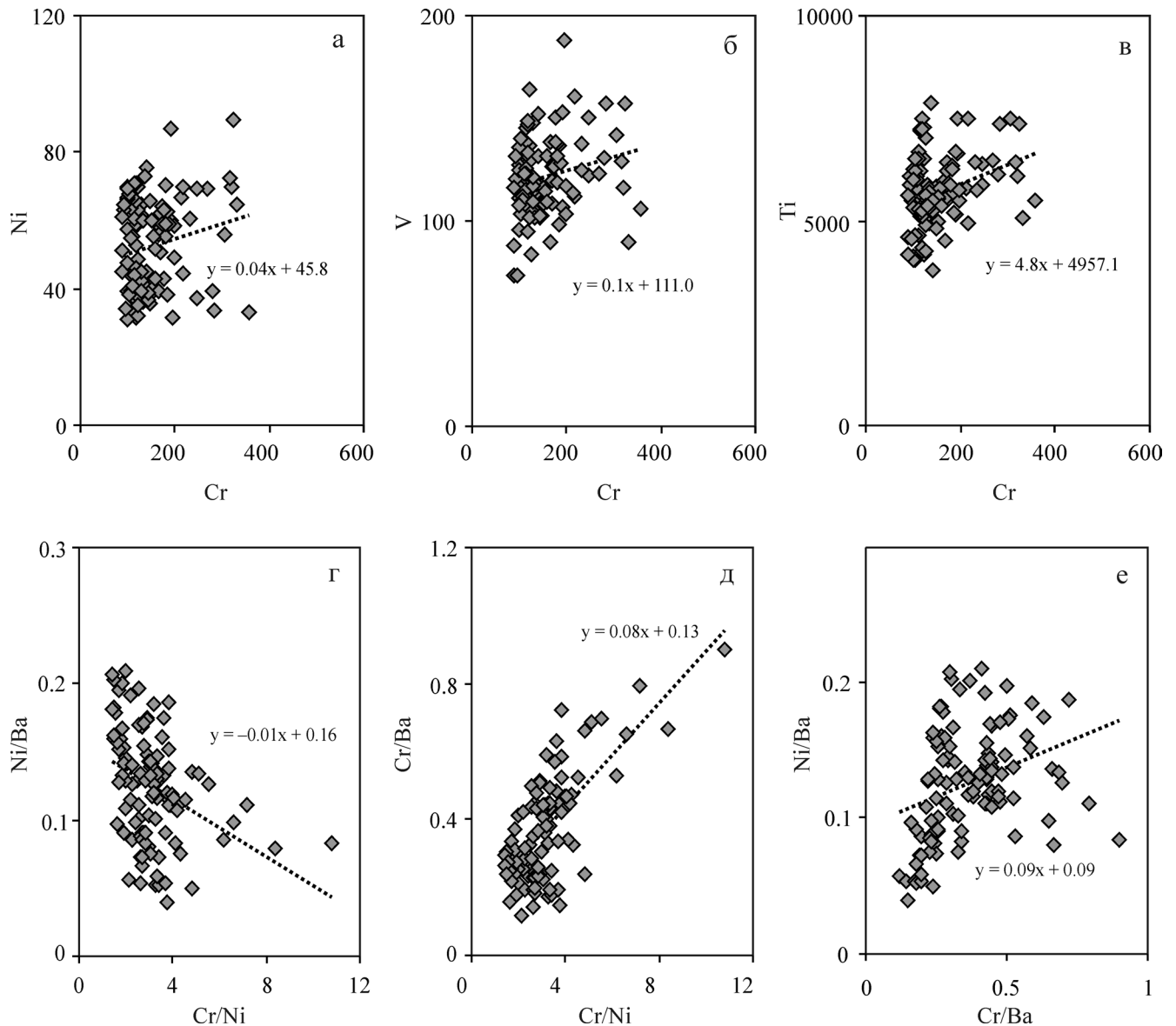
Компоненты, отношения	Средние содержания	
	Верхний венд Среднего Урала	Верхняя пермь и триас Южного Урала
Ti	$5687.34 \pm 899.47$ 3800.33–7884.81	$3435.38 \pm 749.51$ 1392.48–4682.08
V	$121.20 \pm 18.84$ 73.10–187.77	$94.94 \pm 28.71$ 40.19–173.86
Cr	$153.40 \pm 59.87$ 87.79–356.36	$209.47 \pm 104.08$ 49.28–506.16
Ni	$52.55 \pm 13.44$ 31.06–89.67	$234.99 \pm 146.03$ 61.82–729.69
Ba	$446.19 \pm 128.47$ 261.57–970.47	$317.00 \pm 82.92$ 144.68–454.85
Cr/Ni	$3.08 \pm 1.41$ 1.42–10.78	$0.98 \pm 0.30$ 0.53–1.93
Cr/Ba	$0.36 \pm 0.15$ 0.12–0.90	$0.67 \pm 0.29$ 0.20–1.30
Ni/Ba	$0.13 \pm 0.04$ 0.04–0.21	$0.75 \pm 0.41$ 0.22–1.87
Коэффициенты корреляции		
Cr–V	0.21	0.23
Cr–Ti	0.32	0.47
Cr–Ni	0.20	0.91
Cr/Ba–Ni/Ba	0.33	0.92
Cr/Ni–Cr/Ba	0.71	–0.25
Cr/Ni–Ni/Ba	–0.37	–0.56

Примечание. В числителе – среднеарифметическое содержание и величина стандартного отклонения, в знаменателе – минимальное и максимальное содержания, г/т.

Мы применили разработанный Дж. Гарвером с коллегами подход при изучении геохимических особенностей тонкозернистых обломочных пород (глинистые сланцы и аргиллиты) поздневендского (западный склон Среднего Урала) и позднепалеозойского (западный склон Южного Урала) предгорных бассейнов. Настоящая публикация посвящена краткому изложению полученных результатов.

В основу работы положены данные о распределении Ti, V, Cr, Ni и Ba в глинистых сланцах чернокаменской и усть-сылвицкой свитсылвицкой серии верхнего венда Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория (всего 110 образцов) и верхнепермско-триасовых отложениях южного сегмента Предуральского краевого прогиба (всего 42 образца). Определение содержаний названных элементов-примесей выполнено в ИГГ УрО РАН методом ICP-MS (аналитики – Д.В. Киселева, Н.Н. Адамович, Н.В. Чередниченко, О.А. Березикова и Л.К. Дерюгина). Данные о среднеарифметических, минимальных и максимальных содержаниях Ti, V, Cr, Ni и Ba, а также значениях ряда их индикаторных соотношений приведены в табл. 1.

Среднее содержание Cr в глинистых сланцах верхней частисылвицкой серии составляет ~153 г/т, для Ni этот же параметр равен ~53 г/т.

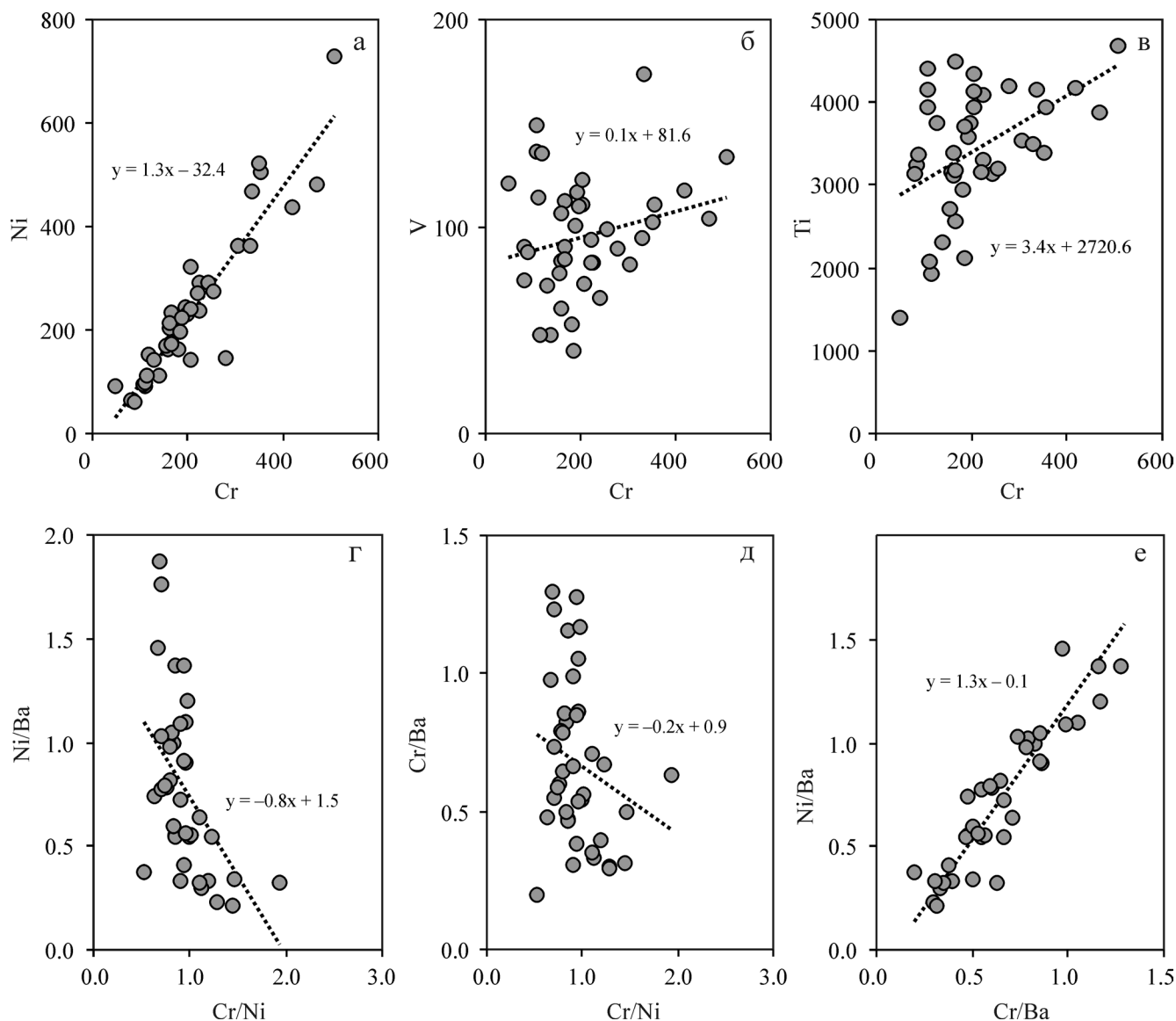


**Рис. 1.** Графики корреляции содержаний Cr, Ni, V и Ti (а–в) и индикаторных отношений Cr/Ba, Cr/Ni и Ni/Ba (г–е) в глинистых сланцах и аргиллитах верхней части сylvицкой серии западного склона Среднего Урала.

Пределы вариации величины отношения Cr/Ni – от 1.41 до 10.78. Корреляция между хромом и никелем, хромом и ванадием, а также титаном в глинистых сланцах и аргиллитах чернокаменской и усть-сylvицкой свит положительная, но весьма незначительная (рис. 1а–в). Все это позволяет, с учетом критериев Дж. Гарвера, считать, что в конце венда на палеоводосборах, поставивших тонкую алюмосиликокластику в предгорный бассейн, породы ультраосновного и основного состава либо практически отсутствовали, либо перед окончательным захоронением осадочный материал подвергся существенной трансформации и геохимическому фракционированию, что существенно изменило свойства и основным и ультраосновным образованиям соотношения между Cr и Ni.

Отсутствие выраженной положительной корреляции между Cr/Ba и Ni/Ba, Cr/Ni и Cr/Ba, а также Cr/Ni и Ni/Ba (см. рис. 1г–е) позволяет предполагать, что во время накопления отложений второй половины позднего венда среди пород на палеоводосборах не было преобладания ни кислых, ни ультраосновных образований, и что слагающие разрезы чернокаменской и усть-сylvицкой свит тонкозернистые обломочные образования содержат существенную долю литогенного компонента.

Среднее содержание Cr в глинистых сланцах верхней перми и триаса Южного Урала составляет около 210 г/т. Пределы вариаций содержаний – 49–506 г/т (см. табл. 1). Для Ni среднее содержание также существенно выше, чем это характерно для глинистых сланцев и аргиллитов верхнего вен-



**Рис. 2.** Графики корреляции содержаний Cr, Ni, V и Ti (а–в) и индикаторных отношений Cr/Ba, Cr/Ni и Ni/Ba (г–е) в глинистых сланцах и аргиллитах верхней перми-триаса западного склона Южного Урала.

да Среднего Урала (соответственно, 235 и 53 г/т). Напротив, среднее содержание Ba составляет всего около 70% от среднего содержания данного элемента в тонкозернистых обломочных породах двух верхних свит сыльвицкой серии Среднего Урала.

Корреляция между Cr и Ni в глинистых породах верхов палеозоя-низов мезозоя Южного Урала сильная положительная; корреляция Cr с титаном и ванадием умеренная или достаточно слабая (рис. 2а–в).

Среднее значение отношения Cr/Ni в глинистых сланцах верхней перми-триаса весьма низкое ( $0.98 \pm 0.30$ ), что вместе с приведенными выше данными позволяет сделать вывод о присутствии на палеоводосборах во время накопления молассовых отложений определенной/существенной/заметной доли пород ультраосновного состава. Если же сравнить средние значения двух других индикаторных отношений элементов-примесей, то это вы-

вод также подтверждается: в верхневендских глинистых сланцах и Cr/Ba, и Ni/Ba имеют в 2–4 раза более низкие средние значения, чем это свойственно тонкозернистым обломочным породам верхов палеозоя-низов мезозоя на западном склоне Южного Урала (см. табл. 1).

Соотношения между Cr/Ba и Ni/Ba, а также Cr/Ni и Cr/Ba, и Cr/Ni и Ni/Ba в глинистых породах верхнепалеозойской молассы приведены на рис. 2г–е.

На рис. 3. показано распределение средних значений величины Cr/Ni в глинистых сланцах верхней перми-триаса в полосе от с. Исянгулово до пос. Саракташ. Как средние величины Cr/Ni, так минимальные и максимальные значения данного параметра примерно соответствуют тем, что свойственны, по представлениям [8], для тонкой алюмосили-



Рис. 3. Особенности распределения средних значений Cr/Ni в глинистых сланцах и аргиллитах верхней перми-триаса западного склона Южного Урала.



Рис. 4. Особенности распределения средних значений Cr/Ni в песчаниках верхней перми-триаса западного склона Южного Урала.

кокластики с заметной долей продуктов размыва ультраосновных пород.

На рис. 4 приведено распределение средних, минимальных и максимальных величин Cr/Ni в песчаниках верхней перми и триаса. Здесь, наряду с достаточно высокими средними значениями Cr/Ni, характерными, например, для псаммитов из обнажения 3032, можно видеть и весьма низкие (~1.8–1.9), в общем не типичные для песчаников величины рассматриваемого параметра. Минимальные величины Cr/Ni для индивидуальных образцов из обнажений 3037, 3029, 3030 составляют немногим более 1.0 или даже ниже. Все это указывает, во-первых, на значительную близость размывавшихся комплексов пород с участием ультраосновных образований к зонам накопления проанализированных нами псаммитов, и, во-вторых, позволяет предполагать существование определенных латеральных вариаций в составе питающих комплексов. Отсутствие, в ряде случаев, существенных от-

личий между средними значениями Cr/Ni для песчаников и глинистых сланцев из одних и тех же обнажений дает также основания считать, что существенной геохимической дифференциации обломочного материала при накоплении псаммитов не происходило, т.е. расстояния транспортировки кластики в подавляющем большинстве исследованных нами случаев были крайне небольшими.

Приведенные в настоящей заметке данные показывают, что между выполняющими поздневендский и позднепалеозойский краевые прогибы терригенными отложениями существуют определенные геохимические отличия, связанные с различиями в составе размывавшихся на палеоводосборах пород и особенностями их транспортировки. Установленные отличия связаны, в определенной мере, и с отличиями представленных в указанных структурах формационных типов отложений. Несмотря на имеющиеся в литературе представления о принадлежности части или всей сыльвицкой серии

Среднего Урала к молассе [1, 2, 4 и др.], общий облик слагающих ее образований позволяет рассматривать их как шпир [3]. Верхнепермско-триасовые отложения западного склона Южного Урала несомненно являются молассой [5, 6]. Указанные отличия могут определять и несколько различную природу размывавшихся на палеоводосборах комплексов пород и степень вскрытия на дневной поверхности ультраосновных образований.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта УрО РАН № 12-С-5-1014 “Субдукционные и орогенные осадочные бассейны Северной Евразии: индикаторные литологические и изотопно-геохимические характеристики отложений, минерализации”.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аблизин Б.Д., Ключина М.Л., Курбацкая Ф.А., Курбацкий А.М.* Верхний рифей и венд западного склона Среднего Урала. М.: Наука, 1982. 140 с.
2. *Беккер Ю.Р.* Молассы докембрия. Л.: Недра, 1988. 288 с.
3. *Гражданкин Д.В., Маслов А.В., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л.* Осадочные системы сыльвицкой серии (верхний венд Среднего Урала) // Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 280 с.
4. *Ключина М.Л., Курбацкая Ф.А.* Состав и условия образования ашинской серии Среднего Урала // Литология и полез. ископаемые. 1970. № 3. С. 74–86.
5. *Мизенс Г.А.* Об этапах формирования Предуралья // Геотектоника. 1997. № 5. С. 33–46.
6. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении) Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
7. *Garver J.I., Scott T.J.* Rare earth elements as indicators of crustal provenance and terrane accretion in the southern Canadian Cordillera // GSA Bull. 1995. V. 107, № 4. P. 440–453.
8. *Garver J.I., Royce P.R., Smick T.A.* Chromium and nickel in shale of the Taconic foreland: a case study for the provenance of fine-grained sediments with an ultramafic source // J. Sed. Res. 1996. V. 66. P. 100–106.
9. *von Eynatten H.* Petrography and chemistry of sandstones from the Swiss Molasse Basin: an archive of the Oligocene to Miocene evolution of the Central Alps // Sedimentology. 2003. V. 50. P. 703–724.