

## НЕКОТОРЫЕ ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРХНЕДОКЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ, ВСКРЫТЫХ СКВАЖИНОЙ 1 КЕЛЬТМА (ЮЖНАЯ ЧАСТЬ ВЫЧЕГОДСКОГО ПРОГИБА)

А. В. Маслов, В. Н. Подковыров

Вендский период характеризуется первым в геологической истории массовым и глобальным распространением макроскопических организмов. Как следствие, в венде следует ожидать каскад экосистемных перестроек, а в отложениях этого возраста должны проследиваться события, отразившиеся в смене экологических ассоциаций. В этой связи, решающая роль при расчленении и корреляции вендских отложений принадлежит экостратиграфическому методу, базирующемуся на выявлении этапов изменения сообществ организмов на фоне изменения абиотических параметров среды. В то же время, последовательность важнейших биотических и абиотических событий на Восточно-Европейской платформе и в сопредельных с ней регионах пока еще намечена только в самом общем виде, а абиотические события, в том числе разномасштабные седиментационные и геохимические тренды (главным образом в контексте осадочных систем) практически не изучены.

Для восполнения указанного пробела, параллельно с изучением седиментологических и палеонтологических особенностей верхневендских отложений, требуется анализ литогеохимических характеристик тонкозернистых обломочных пород (аргиллитов и глинистых сланцев). Это позволит получить количественную информацию о характере макро-, мезо- и микромасштабных палеоклиматических циклов (циклов выветривания) на палеоводосборах, составе пород на палеоводосборах и особенностях их изменения во времени, степени зрелости размывавшейся верхней коры и вкладе различных источников алюмосиликокластики в формирование осадочных последовательностей верхнего венда. Основными индикаторами здесь выступают гидролизатный модуль (ГМ), индекс химического изменения (СИА), отношения  $K_2O/Al_2O_3$  и  $TiO_2/Al_2O_3$ , РЗЭ-систематика, а также ряд других геохимических параметров.

Как показывает наш опыт [7, 9], для ряда регионов развития верхневендских отложений, в том числе для Юго-Восточного Беломорья и западного склона Среднего Урала, могут быть намечены мезомасштабные циклы изменения  $K_2O/Al_2O_3$ ,  $TiO_2/Al_2O_3$  и ряда других параметров тонкозернистых обломочных образований. Эти циклы не коррелируются с седиментационной цикличностью и связаны, скорее всего, с изменениями палеоклимата на палеоводосборах.

Наиболее мощный и стратиграфически полный разрез верхневендских отложений на Восточно-Европейской платформе из числа разрезов, предствительно охарактеризованных керном вскрыт Котласской опорной скважиной (рис. 1). Учитывая местоположение скважины на стыке Мезенской и Московской синеклиз, роль ее во взаимоувязке данных по Юго-Восточному Беломорью, центральным частям платформы и Среднему Уралу трудно переоценить. В последние годы повышенное внима-

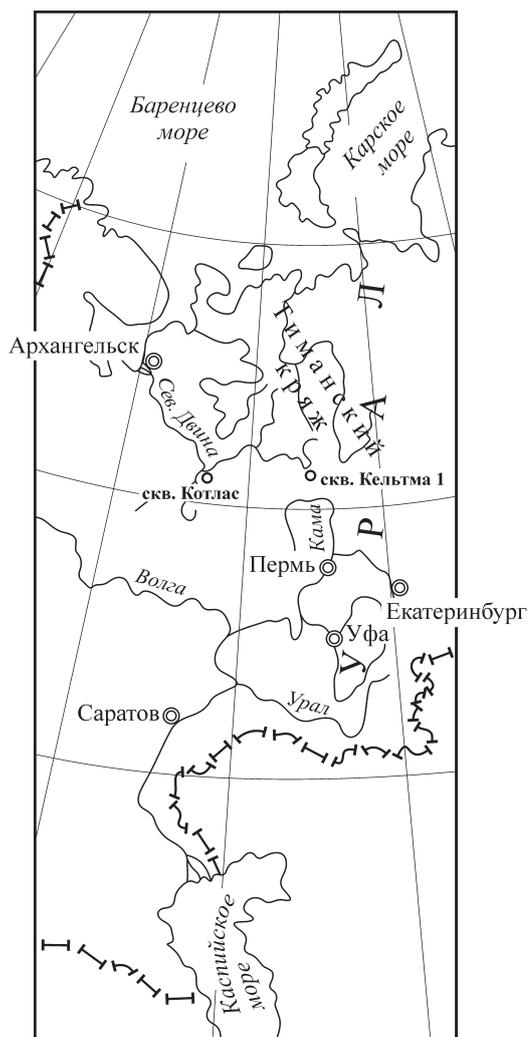
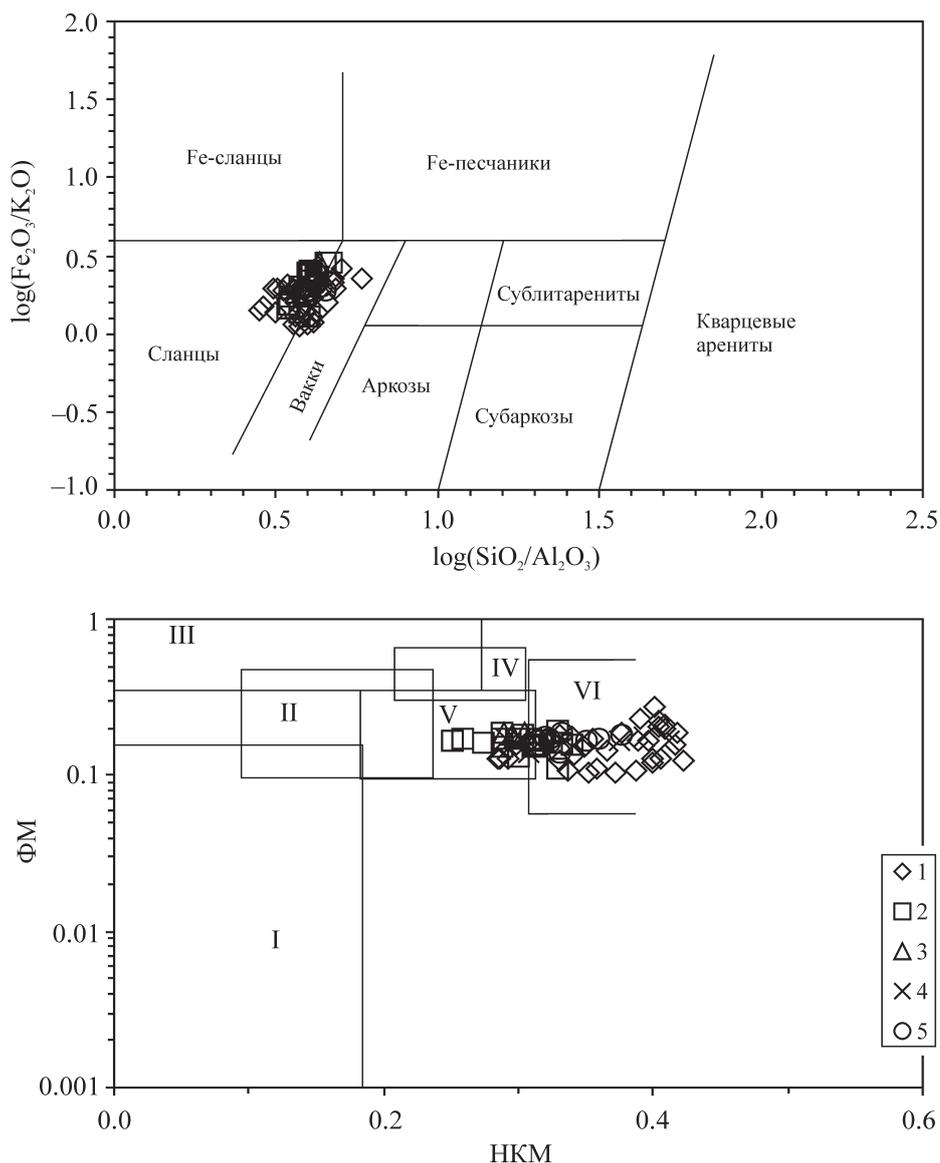


Рис. 1. Обзорная схема.



**Рис. 2.** Положение фигуративных точек составов аргиллитов и алевроаргиллитов из разреза скв. 1 Кельтма на диаграммах  $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ – $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$  и НКМ–ФМ.

Свиты: 1 – вычегодская, 2 – усть-пинезская, 3 – красавинская, 4 – мезенская, 5 – падунская. Поля глинистых пород: I – преимущественно каолиновых, II – преимущественно монтмориллонитовых с примесью каолинита и гидрослюды, III – преимущественно хлоритовых с примесью Fe-гидрослюд, IV – хлорит-гидрослюдистых, V – хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистых, VI – гидрослюдистых со значительным количеством частиц полевых шпатов.

ние исследователей привлечено также к скв. 1 Кельтма, расположенной примерно в 420 км к востоку от Котласской скважины на юго-западном склоне Тиманского кряжа (южная часть Вычегодского прогиба). В отложениях вычегодской свиты в данной скважине присутствует богатая ассоциация органостенных микрофоссилий пертататакского типа [3] и, кроме того, процент выхода керна в докембрийском интервале достаточно высок.

В восходящем разрезе скв. 1 Кельтма выделяются следующие литостратиграфические подразделения [3]: 1) интервал 4902–3943 м, ышкемская свита, серые глинистые доломиты с просло-

ями темноокрашенных аргиллитов, алевролитов и редко песчаников; 2) интервал 3943–2910 м, вапольская свита, доломитизованные известняки, в том числе и строматолитовые, с прослоями алевролитов и аргиллитов; 3) интервал 2910–2312 м, вычегодская свита, серые и зеленовато-серые аргиллиты с редкими прослоями алевролитов и песчаников. Базальными образованиями в разрезе вапольской свиты являются конгломераты, маркирующие размыв в ее основании; 4) интервал 2312–1880 м, усть-пинезская свита, темноокрашенные алевролиты и аргиллиты с редкими прослоями алевролитов и алевропесчаников; 5) интервал 1880–1725 м,

красавинская свита, преимущественно аргиллиты и алевроаргиллиты с прослоями алевролитов и песчаников зеленовато-серой окраски; б) интервал 1725–1512 м, мезенская свита, переслаивание зелено- и пестроцветных аргиллитов, алевролитов и реже песчаников; 7) интервал 1512–1330 м, падунская свита, красноцветные алевролиты, песчаники и аргиллиты с прослоями гравелитов в нижней части. По представлениям, изложенным в работах [2, 3], ышкемеская и вапольская свита относятся к верхам верхнего рифея, вычегодская свита является нижневендским подразделением, усть-пинезская, красавинская и мезенская свиты – это верхний венд. Падунская свита, по данным [4], полученным для Юго-Восточного Беломорья, является уже палеозойским (кембрийским) стратонем.

В целях выявления мезомасштабных геохимических циклов в разрезе скв. 1 Кельтма и сопоставления их с циклами, известными в разрезе Среднего Урала, нами проанализирована коллекция из более 70 образцов аргиллитов и алевроаргиллитов вычегодской, усть-пинезской, красавинской, мезенской и падунской свит. Часть образцов тонкозернистых обломочных пород вычегодской и усть-пинезской свит была любезно предоставлена авторам Н.Г. Воробьевой (ГИН РАН, г. Москва).

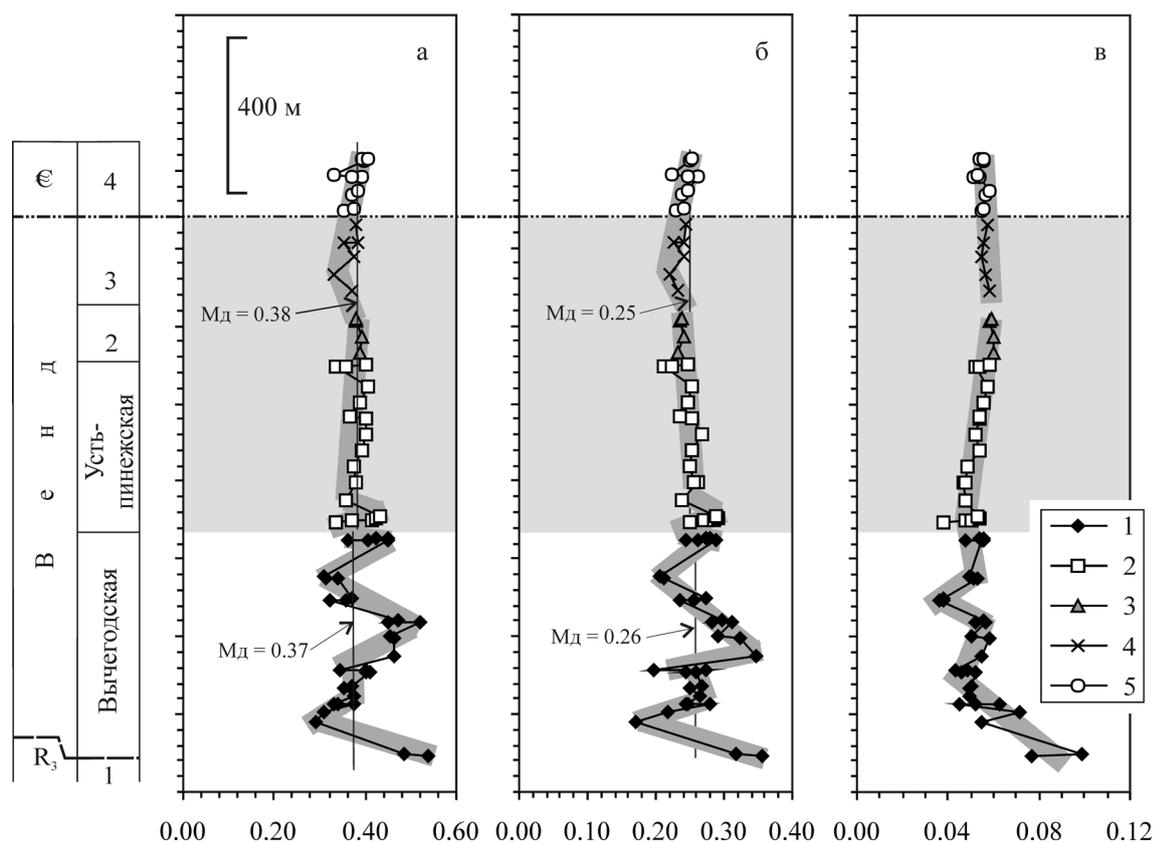
Рентгеноспектральным флуоресцентным методом на VRA-30 в ИГГ УрО РАН (аналитики – Н.П. Горбунова, Л.А. Татарина, Г.М. Ятлук и В.П. Власов) в указанных образцах определены содержания основных породообразующих оксидов; некоторые статистические данные по химическому составу тонкозернистых обломочных пород приведены в табл. 1. По этим данным построены диаграммы в координатах  $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$  [13] и НКМ–ФМ [12] (рис. 2), дающие общее представление о химическом составе аргиллитов и алевроаргиллитов. На первой из них фигуративные точки всех рассматриваемых нами образцов сконцентрированы в области сланцев и вакк, что типично для большинства осадочных мегаследовательностей рифея Северной Евразии [11]. На второй – преобладающая часть точек составов вычегодской и мезенской свит тяготеет к полю VI, тогда как остальные локализованы в поле V. По данным Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [12], поле V соответствует хлорит-монтмориллонит-гидроглинистым глинистым образованиям, а поле VI – преимущественно гидроглинистым глинам со значительным количеством дисперсных частиц полевых шпатов. В целом анализ представленных материалов показывает, что между тонкозернистыми обломочными породами, принадлежащими различным литостратиграфическим подразделениям каких-либо принципиальных отличий нет.

Обратимся теперь к анализу особенностей изменения ряда литохимических модулей и индикаторных отношений оксидов основных петрогенных

**Таблица 1.** Медианные, минимальные и максимальные содержания (мас. %) основных породообразующих оксидов в тонкозернистых обломочных породах верхнего докембрия, вскрытых скв. 1 Кельтма.

Свита /компонент	Вычегодская			Усть-пинезская			Красавинская			Мезенская			Падунская			
	Мд	СО	Макс	Мд	СО	Макс	Мд	СО	Макс	Мд	СО	Макс	Мд	СО	Макс	
SiO <sub>2</sub>	61.83	4.00	53.65	69.14	1.82	59.30	65.99	0.49	61.78	62.92	62.80	1.54	61.81	1.46	60.91	65.67
TiO <sub>2</sub>	0.82	0.26	0.56	1.81	0.08	0.62	0.94	0.02	0.86	0.90	0.83	0.02	0.80	0.03	0.77	0.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.08	1.89	11.84	20.89	0.96	14.02	17.35	0.23	14.54	15.05	14.79	0.38	14.30	0.48	14.58	16.09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	7.45	1.59	4.90	10.27	0.94	4.76	8.52	0.36	7.87	8.74	7.54	0.49	6.56	0.62	6.32	8.42
MnO	0.05	0.05	0.03	0.21	0.04	0.07	0.18	0.02	0.09	0.14	0.09	0.03	0.08	0.03	0.08	0.15
MgO	2.09	0.70	1.67	4.33	0.19	2.33	3.15	0.07	3.02	3.19	3.02	0.22	2.55	0.11	2.75	3.14
CaO	0.54	0.95	0.30	4.90	0.37	0.33	1.63	0.04	1.05	1.12	0.83	0.32	0.78	0.39	0.64	1.84
Na <sub>2</sub> O	1.80	0.43	0.60	2.40	0.32	0.70	1.70	0.08	1.10	1.30	1.60	0.68	0.80	0.42	0.50	1.70
K <sub>2</sub> O	4.32	0.75	2.78	6.07	0.59	2.53	4.66	0.14	3.03	3.34	3.63	0.43	3.00	0.44	3.34	4.51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.06	0.04	0.28	0.19	0.12	0.97	0.00	0.18	0.19	0.16	0.01	0.16	0.01	0.16	0.19
ппп	4.40	1.18	2.60	8.20	0.57	3.60	5.52	0.24	4.50	5.00	4.41	0.48	3.60	0.42	4.00	5.40
n			31			18			4				6		10	

Примечания. Мд – медиана, СО – стандартное отклонение, Мин – минимальное значение, Макс – максимальное значение, n – количество проанализированных образцов.



**Рис. 3.** Вариации значений ГМ (а), АМ (б) и ТМ (в) в тонкозернистых обломочных породах верхнего докембрия, вскрытых скв. 1 Кельтма.

Свиты: 1 – вычегодская, 2 – усть-пинежская, 3 – красавинская, 4 – мезенская, 5 – падунская. Мд – медиана. Цифрами в стратиграфической колонке показаны свиты: 1 – вапольская, 2 – красавинская, 3 – мезенская, 4 – падунская. Темно-серые протяженные отрезки – тренды изменения модулей; светло-серый фон – верхневендский интервал в интерпретации [3].

элементов в верхнедокембрийской последовательности скв. 1 Кельтма. Величина гидролизатного модуля ( $GM = (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO/SiO_2)$ ) в разрезе вычегодской свиты демонстрирует ряд экскурсов как в сторону больших, так и в сторону меньших значений от медианы ( $0.37 \pm 0.07$ ) (рис. 3а). Симбатно им изменяются и значения алюмокремниевое модуля ( $AM = Al_2O_3/SiO_2$ ) (рис. 3б). Для усть-пинежско-падунского интервала, напротив, характерно отсутствие заметных вариаций как ГМ, так и АМ. Медианное значение ГМ составляет здесь 0.38, а величина стандартного отклонения 0.02. Для АМ эти же параметры равны, соответственно,  $0.26 \pm 0.04$  и  $0.25 \pm 0.02$ . Таким образом, если ориентироваться на медианные значения модулей, то можно сделать вывод об отсутствии каких-либо значимых изменений в особенностях формирования и составе тонкой алюмосиликокластики на границы позднего рифея и венда.

В изменении значений ГМ и АМ в усть-пинежско-падуном интервале венда в скв. 1 Кельтма намечается несколько заметно менее ярко выраженных, чем это характерно для тонкозернистых обломочных пород вычегодской свиты, ва-

риаций. Так, в основании усть-пинежской свиты, в интервале 2304–2251 м, значение ГМ вначале растет от 0.33 до 0.43, а затем снижается до 0.36. Выше, примерно до глубины 1783 м, то есть до кровли красавинской свиты, происходит весьма незначительный рост ГМ до 0.38–0.39. В нижних 45–50 м разреза мезенской свиты величина ГМ снижается от 0.37 до 0.33, а далее постепенно растет до 0.39–0.40. Аналогичным образом изменяется в указанном интервале разреза и величина алюмокремниевое модуля.

Несколько по-иному ведет себя титановый модуль ( $TM = TiO_2/Al_2O_3$ ) (рис. 3в). Снизу вверх по разрезу вычегодской свиты его величина снижается от 0.076–0.099 до 0.048–0.056 (медиана  $0.052 \pm 0.012$ ). В усть-пинежско-красавинском интервале можно видеть рост ТМ от 0.038–0.053 в аргиллитах и алевроаргиллитах базальных уровней усть-пинежской свиты до 0.059–0.060 в тонкозернистых обломочных породах красавинской свиты (медиана  $0.054 \pm 0.005$ ). Для мезенско-падунского уровня, напротив, намечается некоторое снижение значений титанового модуля (от 0.058 до 0.054–0.056) при медианной величине  $0.056 \pm 0.002$ .

Медианное значение  $K_2O/Al_2O_3$  для тонкозернистых обломочных пород вычегодской свиты составляет  $0.27 \pm 0.04$ . В разрезе данного литостратиграфического подразделения можно видеть три “полных” цикла изменения рассматриваемого параметра от высоких значений к низким и обратно<sup>1</sup> (интервалы 2901–2730, 2730–2563, 2563–2348 м) (рис. 4а). Вышележащие аргиллиты и алевроаргиллиты усть-пинежской свиты характеризуются медианной величиной  $K_2O/Al_2O_3$   $0.23 \pm 0.02$ . В разрезе свиты также присутствует несколько микроциклов, в рамках которых величина  $K_2O/Al_2O_3$  варьирует от 0.18 до 0.27 при общей тенденции к некоторому ее снижению вверх по разрезу. Тонкозернистые обломочные породы красавинской свиты, по всей видимости, продолжают указанную тенденцию ( $K_2O/Al_2O_3$ <sub>медиана</sub> =  $0.22 \pm 0.01$ ), тогда как для мезенско-падунского интервала наблюдается, напротив, постепенный рост значений  $K_2O/Al_2O_3$  вверх по разрезу. Если в основании мезенской свиты величина данного параметра варьирует от 0.20 до 0.24, то в интервале 1376–1370 м значение  $K_2O/Al_2O_3$  достигает 0.28–0.29. Таким образом, в интервале 2312–1512 м, отвечающем усть-пинежской, красавинской и мезенской свитам отношение  $K_2O/Al_2O_3$  постепенно снижается от подошвы усть-пинежской свиты к кровле красавинской, а затем растет к кровле мезенской свиты. Для сравнения на рис. 4б приведена кривая изменения  $K_2O/Al_2O_3$  в разрезе сыльвицкой серии Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория на западном склоне Среднего Урала. Здесь мы видим более сложную картину. В нижней части среднеуральской последовательности (старопечнинская и первалокская свиты, севенция 1 [5]) происходит снижение величины  $K_2O/Al_2O_3$  от 0.20–0.27 до 0.18–0.22. Для тонкозернистых обломочных пород секвенции 2 (вилухинская подсвита чернокаменной свиты) характерен хорошо выраженный рост значений  $K_2O/Al_2O_3$  от 0.18–0.19 до 0.27. Вся секвенция 3 и нижняя часть секвенции 4 (порядка 300 м) демонстрируют новый спад значений  $K_2O/Al_2O_3$ , тогда как выше присутствует несколько интервалов роста и снижения данного параметра.

В тонкозернистых обломочных породах вычегодской свиты величина отношения  $K_2O/Al_2O_3$  испытывает заметно более выраженные вариации. Так, для образцов К-81, К-68, К-67, НВ-15, К-58 и К-53, отобранных на глубинах, соответственно, 2795, 2648, 2606.6, 2450, 2446 и 2350.5 м, значения данного отношения составляют 0.19–0.23 (медианная величина  $K_2O/Al_2O_3$ , как указывалось выше, равна  $0.27 \pm 0.04$ ). Следует также отметить, что, исходя из присущих тонкозернистым обломочным породам как вычегодской, так и других свит докем-

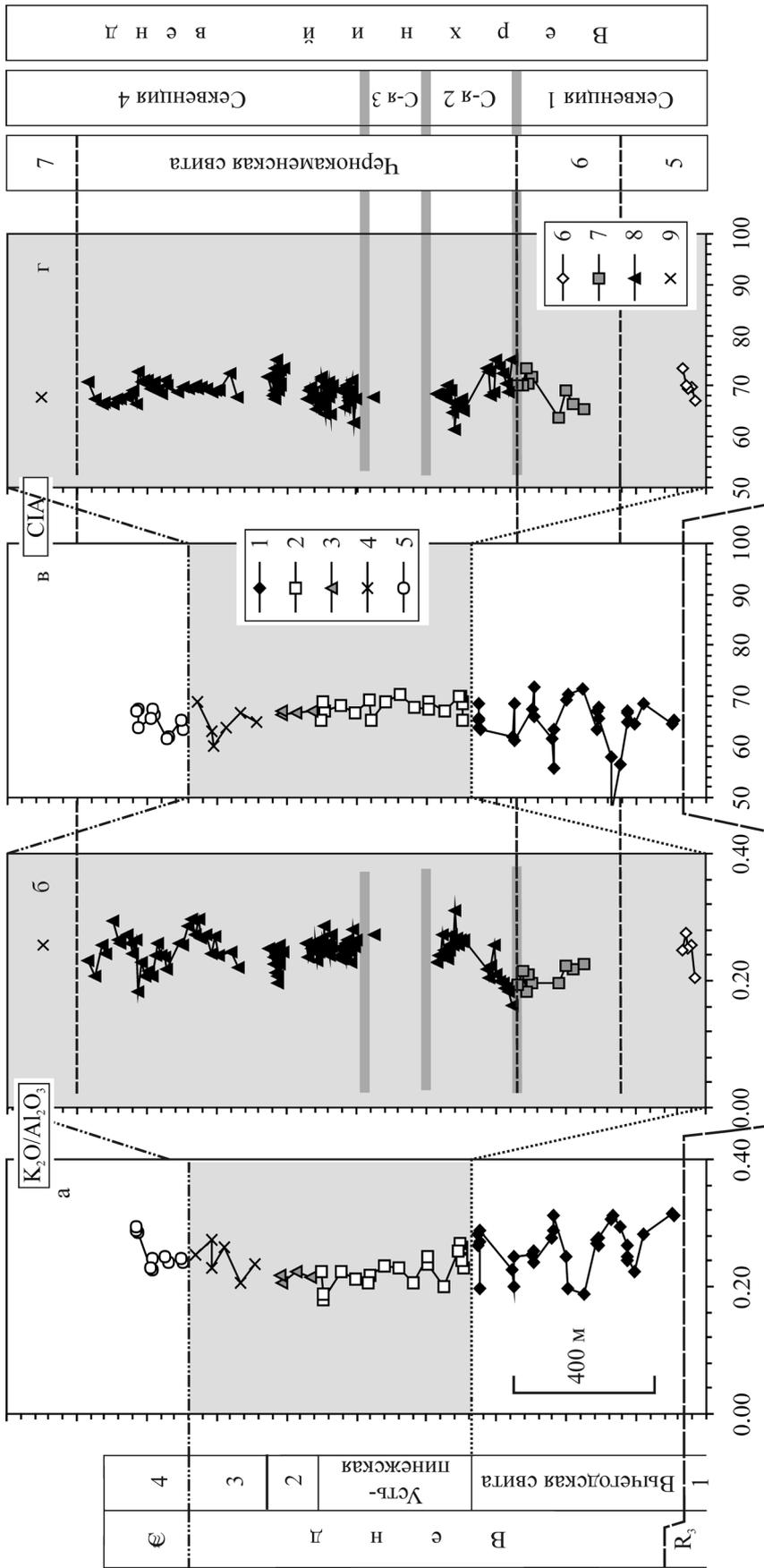
брийской последовательности, вскрытой скважиной 1 Кельтма, значений  $K_2O/Al_2O_3$ , они представлены преимущественно литогенным материалом, то есть материалом, прошедшим более чем один цикл выветривания и переотложения.

Для индекса химического изменения в усть-пинежско-мезенском разрезе скважины 1 Кельтма намечается несколько более сложная картина, нежели для отношения  $K_2O/Al_2O_3$  (рис. 4в). Так, значения CIA в аргиллитах и алевроаргиллитах усть-пинежской свиты от ее подошвы (2312 м) и примерно до глубины 2120 м (мощность около 190 м) несколько растут, а выше, вплоть до кровли красавинской свиты (мощность порядка 360 м), немного снижаются. В разрезе же мезенской свиты (мощность 213 м) вначале наблюдается некоторый рост величины индекса химического изменения (от 65 до 67), затем падение до 60, сменяющееся новым ростом CIA до 69.

Подстилающие усть-пинежскую свиту образования обнаруживают существенно более выраженные вариации. Так, например, в интервале 2822–2774.6 м значения CIA составляют от 65 до 69, тогда как для образцов алевроаргиллитов и аргиллитов, отобранных на глубинах 2752.8, 2730.6 и 2730 м, величина данного параметра существенно ниже (соответственно, 56, 47 и 58). Столь же низкая величина CIA характерна и для образца аргиллитов К-63, отобранного на глубине 2562 м. Указанные низкие величины CIA сопоставимы с теми, что присущи, по данным работы [14, 15], для гляциогенных образований. В целом же для тонкозернистых обломочных пород усть-пинежско-мезенского интервала медианное значение CIA равно  $67 \pm 2$ , что достаточно близко к данным, полученным для верхневендских отложений Шкаповско-Шиханской впадины и Кваркушко-Каменногорского мегантиклинория [8, 10].

В разрезе сыльвицкой серии Среднего Урала характер изменения CIA снизу вверх по разрезу более сложный (рис. 4г). Примерно для  $\frac{3}{4}$  старопечнинско-первалокского интервала свойственно снижение данного показателя, затем следует его рост, а для секвенции 2 вновь присуще снижение. Для секвенции 3 данные о значениях CIA в нашем распоряжении отсутствуют, однако тот факт, что в породах верхней части севенции 2 и нижних уровней секвенции 4 величина индекса химического изменения сопоставима, позволяет считать, что принципиальных изменений на данном интервале не происходило. Тонкозернистые обломочные породы секвенции 4 (синеканская, коноваловская и крутихинская подсвиты чернокаменной свиты и, возможно, усть-сыльвицкая свита) обнаруживают несколько мезомасштабных циклов изменения CIA, однако в целом для данного интервала разреза сыльвицкой серии выраженного роста или снижения данного параметра нет (в скв. 1 Кельтма для верхней части усть-пинежской, всей красавинской и мезенской свит характерно устойчивое, хотя и небольшое в целом снижение значений CIA).

<sup>1</sup> Так, в первом из указанных далее интервалов значение  $K_2O/Al_2O_3$  снижается от 0.31 до 0.22, а затем вновь возрастает до прежних значений.



**Рис. 4.** Характер изменения значений  $K_2O/Al_2O_3$  и CIA в тонкозернистых обломочных породах верхнего докембрия, вскрытых скв. 1 Кельтма (а, в) и сыльвицкой серии Кваркушко-Каменногогорского метантиклинория (б, г).  
 Условные обозначения на графиках (свиты): 1 – вычегодская, 2 – усть-пинезская, 3 – красавинская, 4 – палунская, 5 – старопечнинская, 6 – перевалокская, 8 – чернокаменская, 9 – перевалокская, 7 – усть-сыльвицкая. Цифрами в стратиграфической колонке показаны свиты: 1 – валопольская, 2 – красавинская, 3 – мезенская, 4 – палунская, 5 – старопечнинская, 6 – перевалокская, 7 – усть-сыльвицкая. Темно-серые протяженные отрезки – границы секвенций [5]; светло-серый фон – верхневендский интервал (для скв. 1 Кельтма – по данным работы [3], для Кваркушко-Каменногогорского метантиклинория – по данным [1]).

Приведенные выше данные позволяют сделать ряд выводов. Вскрытые скв. 1 Кельтма тонкозернистые обломочные породы (аргиллиты и алевроаргиллиты) принадлежат преимущественно к литогенным образованиям. Химический состав аргиллитов и алевроаргиллитов всех исследованных нами литостратиграфических единиц верхнедокембрийского разреза в существенной мере сходен, хотя между вычегодской свитой и усть-пинежско-падунским интервалом наблюдаются заметные различия в амплитуде изменения значений гидролизатного, алюмокремниевое и титановое модулей. Для первого из названных интервалов характерны выраженные циклические изменения величин названных модулей, породы второго обладают достаточно стабильными значениями ГМ, АМ и ТМ. Это же присуще и таким параметрам как  $K_2O/Al_2O_3$  и CIA. Величина индекса химического изменения в подавляющем большинстве проанализированных нами образцов не превышает 70, что позволяет предполагать доминирование в верхнедокембрийском разрезе скв. 1 Кельтма тонкозернистой алюмосиликокластики, не прошедшей существенных преобразований в условиях выраженного гумидного климата. Это сближает кельтминский разрез с разрезами верхнего венда Кваркушско-Каменногорского мегантиклинория и Шкаповско-Шиханской впадины и, напротив, подчеркивает его отличие от верхневендского разреза Беломорско-Кулойского плато, для которого установлено увеличение значений CIA вверх по разрезу [6]. Можно также предполагать, что присутствие среди имеющейся в нашем распоряжении выборки алевроаргиллитов и аргиллитов вычегодской свиты образцов с весьма низкими значениями CIA (47–58) указывает на достаточно слабое преобразование пород в источниках сноса процессами химического выветривания, что свойственно как ариднему, так и нивальному климату. Весьма важно и то, что при сопоставлении среднеуральского и кельтминского разрезов (ни на уровне литостратиграфических подразделений, ни на уровне секвенций) не наблюдаются более или менее сходные тренды изменения таких принципиальных литохимических индикаторов как  $K_2O/Al_2O_3$  и CIA. Это может быть следствием контроля процессов формирования осадочного выполнения южной части Вычегодского прогиба преимущественно локальными факторами, например, составом пород в источниках сноса, но для уверенных выводов в этом плане необходим параллельный анализ лито- и геохимических данных.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант 09–05–00279).

#### 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. Вейс А.Ф., Воробьева Н.Г., Голубкова Е.Ю. Первые находки нижневендских микрофоссилий на Русской плите: таксонометрический состав и биостратиграфическое значение // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14, № 4. С. 28–46.
3. Воробьева Н.Г., Сергеев В.Н., Семихатов М.А. Уникальная нижневендская кельтминская микробиота Тимана: новые данные о палеонтологии венда и его глобальной характеристике // Докл. АН. 2006. Т. 410, № 3. С. 366–371.
4. Гражданкин Д.В., Краюшкин А.В. Ископаемые следы жизнедеятельности и верхняя граница венда в Юго-Восточном Беломорье // Докл. РАН. 2007. Т. 416, № 4. С. 514–518.
5. Гражданкин Д.В., Маслов А.В. Секвентная стратиграфия верхнего венда Восточно-Европейской платформы // Докл. АН. 2009. Т. 426, № 1. С. 66–70.
6. Гражданкин Д.В., Подковыров В.Н., Маслов А.В. Палеоклиматические обстановки формирования верхневендских отложений Беломорско-Кулойского плато (Юго-Восточное Беломорье) // Литология и полезные ископаемые. 2005. № 3. С. 267–280.
7. Маслов А.В., Гражданкин Д.В. Характер изменения ряда индикаторных отношений в тонкозернистых терригенных породах сыльвицкой серии (Средний Урал) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: мат-лы науч. чтений памяти П.Н. Чирвинского. Вып. 12. Пермь: ПГУ, 2009. С. 106–119.
8. Маслов А.В., Крупенин М.Т. Новые данные о зрелости тонкой алюмосиликокластики в разрезе сыльвицкой серии венда Среднего Урала // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: мат-лы науч. чтений памяти П.Н. Чирвинского. Вып. 10. Пермь: ПГУ, 2007. С. 165–170.
9. Маслов А.В., Подковыров В.Н., Гражданкин Д.В. Макро- и мезомасштабные геохимические тренды в верхневендских осадочных системах Восточно-Европейской платформы и Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: ПГУ, 2009. С. 3–5.
10. Маслов А.В., Ишарская М.В., Ронкин Ю.Л. и др. Условия формирования вендских отложений Шкаповско-Шиханской впадины по данным изучения литохимических особенностей аргиллитов // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 3. С. 279–300.
11. Маслов А.В., Ножкин А.Д., Подковыров В.Н. и др. Геохимия тонкозернистых терригенных пород верхнего докембрия Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 274 с.
12. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
13. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820–829.
14. 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.
15. Young G.M. Comparative Geochemistry of Pleistocene and Paleoproterozoic (Huronian) Glaciogenic Laminated Deposits: Relevance to Crustal and Atmospheric Composition in the Last 2.3 Ga // J. Geol. 2001. V. 109. P. 463–477.