

УДК 56.012:56.016

ТАФНОМИЯ КОНОДОНТОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЗДНЕДЕВОНСКО-РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ ТУРБИДИТАХ СЕВЕРА УРАЛА И ПАЙ-ХОЯ

© 2012 г. А. В. Журавлев

*Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт
191014, г. Санкт-Петербург, Литейный пр., 39
E-mail: micropalaeontology@gmail.com*

Поступила в редакцию 20.09.2011 г.

Рассматриваются особенности тафномии конодонтовых элементов в различных частях турбидитных циклитов. В качестве фактического материала использованы результаты изучения конодонтов из турбидитных толщ верхнего девона–нижнего карбона Приполярного Урала, гряды Чернышева и Пай-Хоя. Сделан вывод о том, что перенос конодонтовых элементов турбидитным потоком приводит к их сортировке по размеру и морфологии, но слабо сказывается на сохранности самих элементов. При стратиграфической интерпретации конодонтовых комплексов из турбидитных толщ необходимо учитывать высокую вероятность переотложения и сортировки конодонтовых элементов, как в нижних, так и в верхних частях циклитов.

Ключевые слова: *конодонты, тафномия, турбидиты.*

ВВЕДЕНИЕ

Тафномические процессы, приводящие к формированию конодонтовых ориктоценозов, отличаются сложностью и многообразием. Это обусловлено нектонно-планктонным образом жизни конодонтов, отсутствием у них краниального скелета, который мог бы скреплять конодонтовые элементы, и малым размером самих элементов в сочетании с их высокой химической и механической устойчивостью. Тем не менее, учет действия тафномических процессов необходим для корректной биостратиграфической интерпретации конодонтовых комплексов (ориктоценозов). Поскольку учесть все тафномические факторы практически невозможно, предлагается ограничиться рассмотрением гидродинамического (переотложение) и постседиментационного (уплотнение и перекристаллизация осадка и разрушение при этом конодонтовых элементов).

Наиболее продуктивными представляются тафномические исследования, основанные на хорошо разработанных седиментологических моделях. Поэтому в качестве модельного объекта для рассмотрения тафномии конодонтовых элементов выбраны турбидиты – отложения плотностных потоков. Для турбидитов существуют хорошо разработанные седиментологическая и физическая модели формирования, и в рамках этих моделей можно рассмотреть поведение конодонтовых элементов. Другой положительной стороной турбидитов является относительная многочисленность находок в них конодонтовых элементов.

Ранее тафномические особенности конодонтовых комплексов в карбонатных турбидитах рассма-

тривались на примере верхнефаменских и средне-турнейских отложений Чешской Республики [9]. Была отмечена хорошая сортировка по размеру, незначительная фрагментированность конодонтовых элементов в тонкозернистых турбидитах и худшая сортировка и большая фрагментированность – в грубозернистых флюксотурбидитах. Кроме того, О. Бабек и Дж. Калвода отмечали хорошую корреляцию размеров осадочных частиц в карбонатных турбидитах и размеров конодонтовых элементов [9]. При этом детальное сравнение конодонтовых комплексов из различных частей турбидитных циклитов этими авторами не проводилось. Задачу данной работы составляет более подробное рассмотрение тафномических процессов, влияющих на состав и сохранность конодонтовых комплексов в карбонатных турбидитах.

МЕТОДЫ

Модели формирования турбидитов как отложенных зерновых и суспензионных потоков подробно рассмотрены в литературе (см. обзоры в [5, 6, 8, 11, 13]. Так как для плотностных потоков характерен преимущественно турбулентный режим, прямое гидродинамическое моделирование поведения конодонтовых элементов в потоке затруднено.

Для предварительной оценки роли гидродинамического фактора в тафномии конодонтовых элементов использованы данные о гидравлической крупности конодонтовых элементов. Экспериментальные данные были получены для различных морфологических типов конодонтовых элемен-

тов МакГоф [10] и автором (рис. 1). В качестве показателя размера использовалась длина конодонтового элемента. Величины гидравлической крупности конодонтовых элементов сходны с таковыми для алевритово-мелкопесчаных частиц. Из этого следует легкость переноса конодонтовых элементов водным потоком вместе с осадочными частицами от алевритовой до мелкопесчаной размерности. Различия в гидравлической крупности платформенных и рамиформных элементов одного размера, наблюдаемые на графиках (рис. 1), позволяют предположить возможность фракционирования конодонтовых элементов не только по размеру, но и по форме, что ранее в подобных исследованиях не учитывалось [9].

Оценка степени фракционирования конодонтовых элементов по форме при перетолжении может быть проведена на основе анализа соотношения в образцах количества элементов различной морфологии. Если принять во внимание тот факт, что в большинстве конодонтовых аппаратов среднего – позднего палеозоя существовала четкая морфологическая дифференциация типов элементов, то оценку фракционирования можно проводить по соотношению Р, S и М элементов. Для анализа этих соотношений было предложено использовать тройные диаграммы [3]. Подсчет элементов различных типов проводился по целым элементам и по фрагментам, на которых присутствует главный зубец и базальная полость. Фрагменты, на которых базаль-

ная полость и главный зубец не наблюдаются, подсчитывались в качестве обломков. Соотношение количества элементов, подсчитанное по указанной методике, и их обломков использовалось для оценки постседиментационного разрушения. Синседиментационное механическое разрушение конодонтовых элементов оценивалось по процентному содержанию в комплексе обломков, несущих следы окатывания и истирания.

МАТЕРИАЛ

В качестве фактического материала использованы результаты изучения конодонтов из турбидитных толщ верхнего девона–нижнего карбона Приполярного Урала, гряды Чернышева и Пай-Хоя (110 образцов, каждый из которых содержал более 20 конодонтовых элементов). Характеристика рассматриваемых разрезов частично опубликована [1, 2, 4, 7], поэтому здесь не приводится.

Диагностика типа турбидитов и выделение в них элементов турбидитных циклитов осуществлялись на основе набора структурно-текстурных характеристик отложений. Наиболее удаленные, дистальные турбидиты, изученные в верхнефаменской части разреза на р. Изъюю (рис. 2), слабо отличаются от фоновых кремнисто-карбонатных отложений и представлены известняками глинисто-кремнистыми темно-серыми пелитоморфными субпараллельно микрослойчатыми. Слоистость подчеркнута глинисто-углистыми примазками. Нижние части турбидитных циклитов представлены здесь таким же известняком с линзовидно распределенным тонким детритом. По известнякам развиты кремнистые пояски черного цвета мощностью 2–4 см. Мощность турбидитных циклитов составляет первые сантиметры, в редких случаях до 20 см. По структурно-текстурным характеристикам диагностируется только элемент е цикла Боума и фоновые отложения (элемент f).

Более полные турбидитные циклиты изучены в турнейских отложениях бассейна р. Кожым (Приполярный Урал). Здесь в карбонатных градиационных циклитах выделяется практически полная последовательность цикла Боума: от элемента а до элемента е (рис. 3). При этом мощности циклитов не превышают 0.2 м.

Проксимальные карбонатные турбидиты были изучены в нижневизейских отложениях Центрального Пай-Хоя (р. Хей-Яга) (рис. 2). Наиболее полные циклиты представлены следующей последовательностью. Нижний элемент циклита образован известняковой конглобрекцией серой массивной с био- и литокластами размером от 1–2 мм до 10–40 см. Сортировка и окатанность кластического материала плохая. Среди биокластов преобладают членики криноидей, а среди литокластов – кремни серые и светло-серые, а также известняки

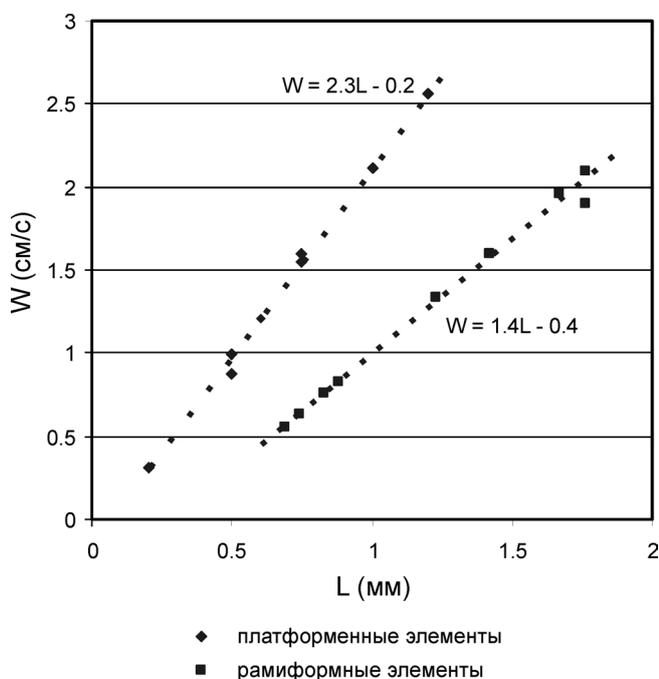


Рис. 1. Зависимость гидравлической крупности (W) от размера (L) для различных морфологических типов конодонтовых элементов.

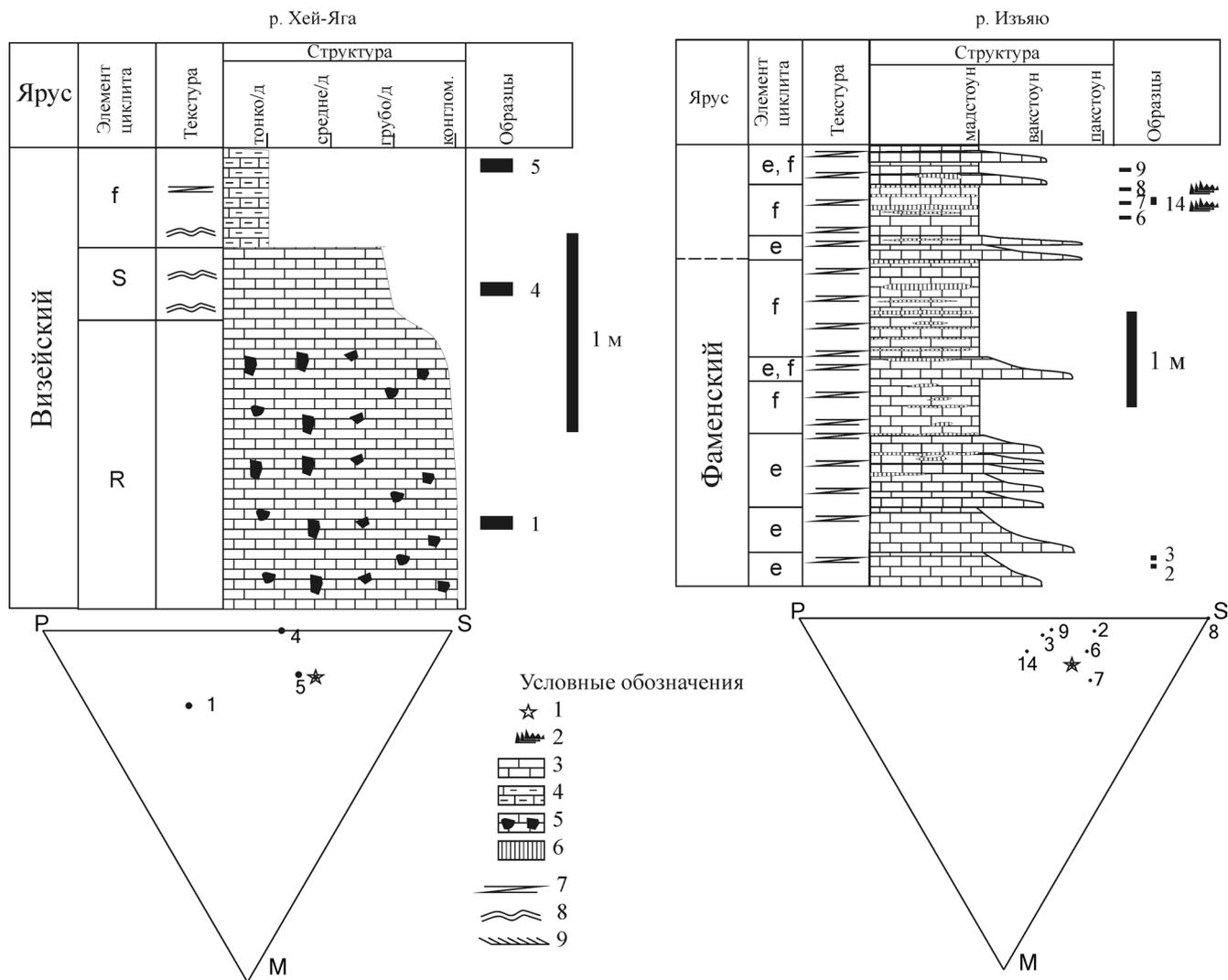


Рис. 2. Литологические колонки и диаграммы соотношения конодонтовых элементов в образцах для разрезов на р. Хей-Яга (Центральный Пай-Хой) и на р. Изьяю (гряда Чернышева).

1 – соотношение элементов в конодонтовом аппарате, 2 – уровни находок “спаянных кластеров” конодонтовых элементов, 3 – детритовый известняк, 4 – глинистый известняк, 5 – карбонатная конглобрекция, 6 – кремень, 7– субпараллельная текстура, 8 – волнистая текстура, 9 – косослойчатая текстура.

пелитоморфные серые часто водорослевые. Мощность нижнего элемента циклита – от 0.5 до 1.5 м. Средний элемент циклита сформирован известняком литобиокластическим серым до темно-серого грубодетритовым волнистослойчатым. Мощность среднего элемента циклита – 0.2–0.3 м. Верхний элемент циклита сложен известняком кремнисто-глинистым темно-серым тонкодетритовым полого-волнистослойчатым. Мощность верхнего элемента циклита – 0.2–0.5 м. Вверх по разрезу нижний элемент циклита редуцируется.

Большинство рассматриваемых турбидитов относятся к результатам деятельности мутьевых потоков (рис. 2, 3). Исключение составляют турбидиты, наблюдавшиеся в нижнетурбидитском интервале,

в разрезе на р. Вангыр (рис. 4). Для них предполагается формирование в результате подводных оползней и зерновых потоков, и эти отложения интерпретируются как флюксотурбидиты.

Характеристики некоторых конодонтовых комплексов из рассматриваемых интервалов разрезов приведены в табл. 1. Для количественных оценок соотношений различных типов элементов, а также соотношения числа элементов, их обломков (показатель фрагментированности конодонтовых элементов) и обломков, несущих следы механического истирания (окаывания) использовались лишь те образцы, где общее число элементов превышало 20. При этом количество элементов и их обломков обычно превышало 100.

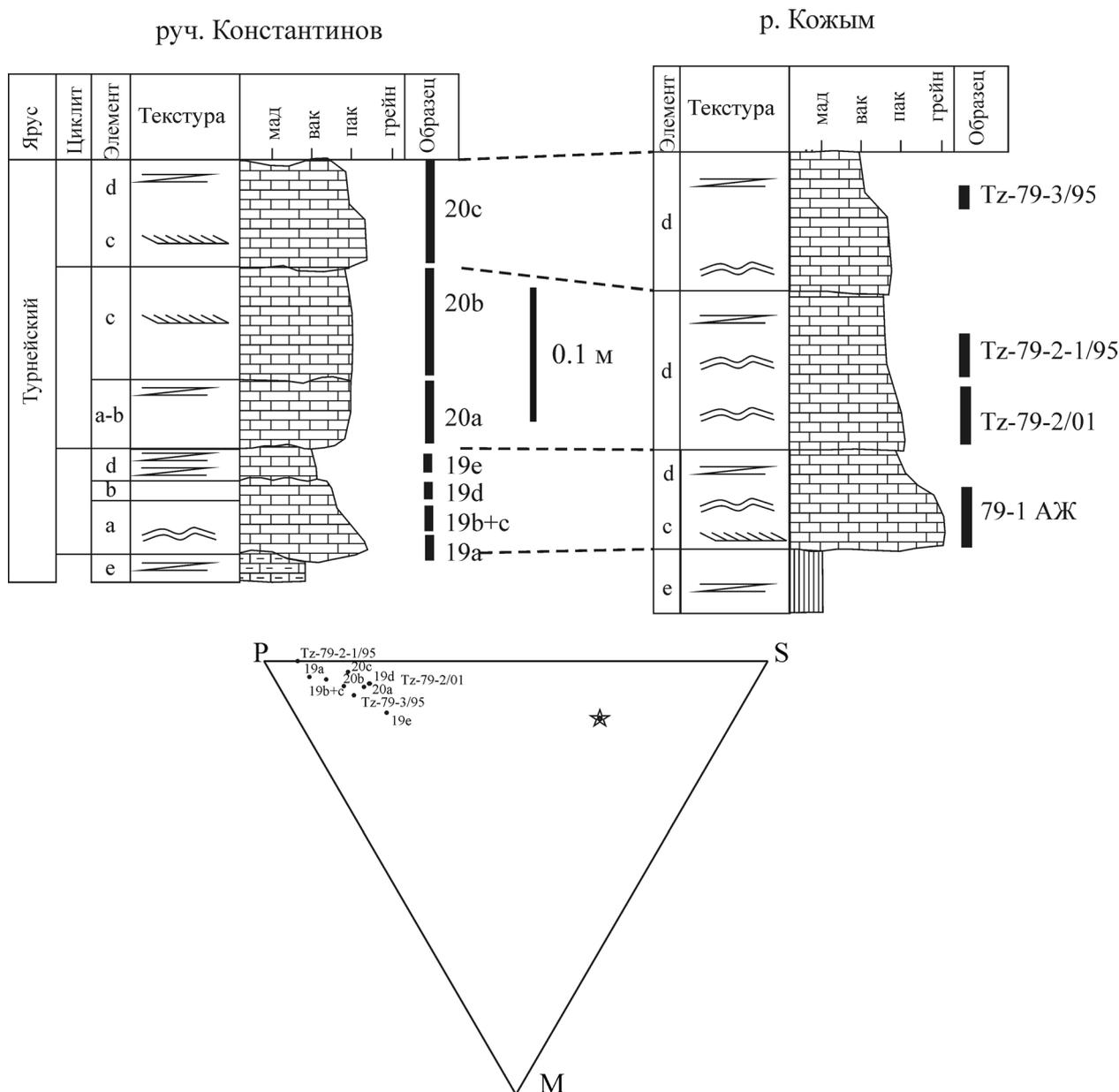


Рис. 3. Литологические колонки и диаграмма соотношения конодонтовых элементов в образцах для разрезов на руч. Константинов и р. Кожым.

Условные обозначения см. на рис. 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Конодонтовые комплексы из нижних частей турбидитов (элементы циклитов а–с) характеризуются резким преобладанием Р элементов. Согласно существующим моделям, формирование элементов а, b, с турбидита происходило за счет осаждения материала из плотностного потока с достаточно высокой динамикой [6]. При этом для осадочных частиц в элементах от а до е включительно характерна в различной степени проявленная градационная сортировка. Учитывая зависимость гидравлической крупно-

сти конодонтовых элементов от морфологии (см. выше), можно предполагать, что сортировка осадочного материала при формировании турбидита сопровождалась и сортировкой конодонтовых элементов не только по размеру, но и по форме. Следы этих процессов можно наблюдать на диаграмме, приведенной на рис. 5. Наиболее морфологически сортированы комплексы из элементов циклита а, b и с. Здесь явно преобладают Р-элементы, обладающие, при сходных размерах, большей гидравлической крупностью по сравнению с S и M элементами. Наименьшую морфологическую сортировку демонстрируют

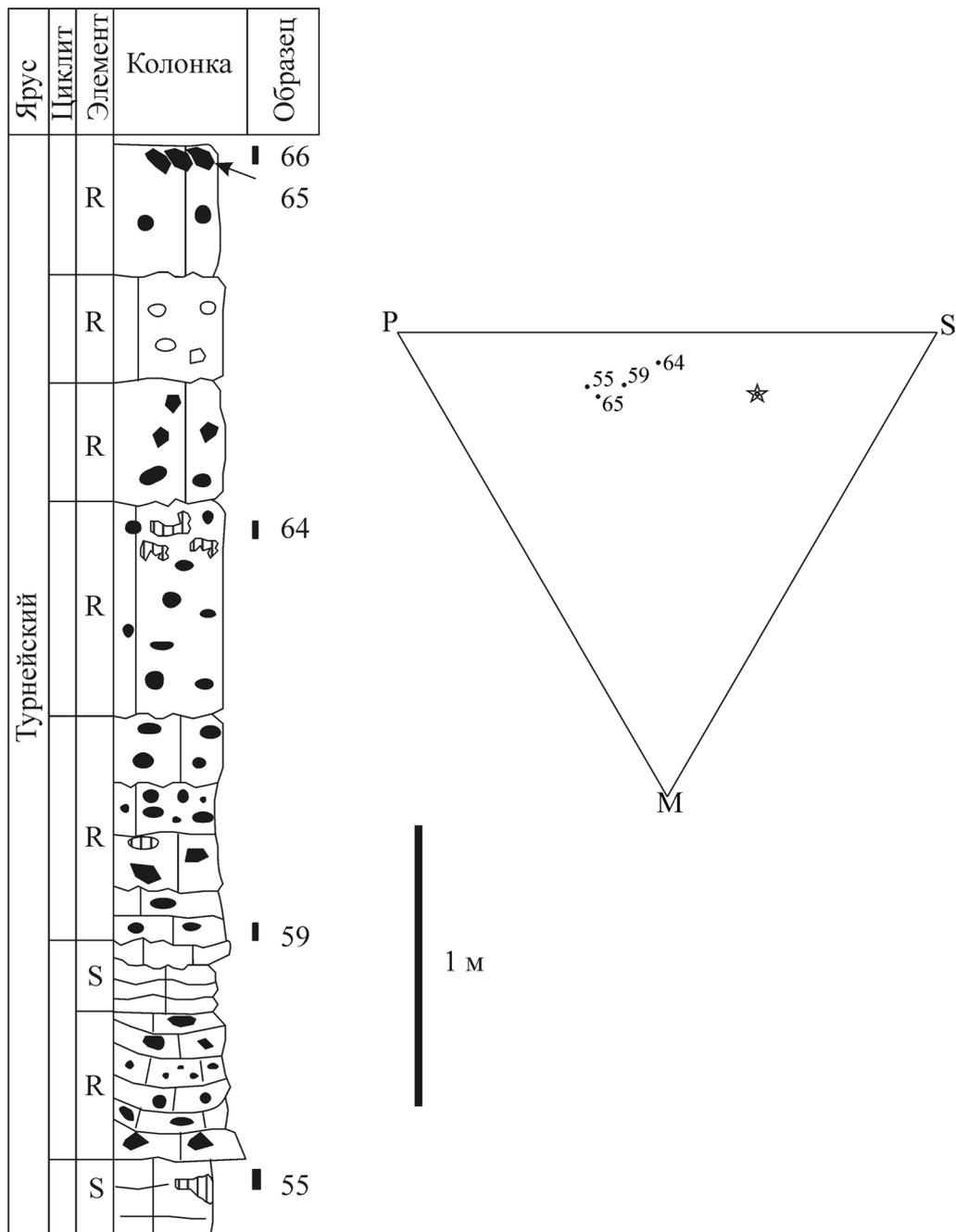


Рис. 4. Литологическая колонка и диаграмма соотношения конодонтовых элементов в образцах для разреза на р. Вангыр.

Условные обозначения см. на рис. 2.

комплексы из элемента циклита е и фонового осадка (f). В этих комплексах соотношение типов элементов близко к соотношению в аппарате.

В фоновых отложениях (элемент циклита f) и в верхних частях дистальных турбидитов (элемент циклита е) достаточно часто встречаются так называемые спаянные кластеры (*fused clusters*) конодонтовых элементов и конодонтовые аппараты или их фрагменты на поверхностях напластования.

Примером могут служить фоновые отложения позднефаменско-турнейской турбидитной толщи (константиновская свита), обнажающиеся в бассейне р. Кожым. Здесь на плоскостях напластования кремнистых аргиллитов найдены фрагменты конодонтовых аппаратов [14]. Спаянные кластеры конодонтовых элементов обычны в дистальных турбидитах изьяюской свиты фаменско-раннетурнейского возраста в разрезе на р. Изьяю [12]. Анализ соотно-

Таблица 1. Состав комплексов конодонтов из турбидитных толщ

Разрез	Образец	Элемент цикла Боума	% обломков элементов	% окатанных обломков элементов	Таксономический состав конодонтового комплекса (преобладающие формы)	Количество конодонтовых элементов		
						P	S	M
Изяю	2	e	42	0	Polygnathus communis communis, Spathognathodus crassidentatus	7	19	1
	3	f	68	0	Polygnathus communis communis, Polygnathus communis dentatus, Bispathodus stabilis M1	8	12	1
	14	f	40	0	Polygnathus communis communis	23	39	8
	6/10	f	48	0	Spathognathodus crassidentatus, Pandorinellina fragilis Dzik, Pseudopolygnathus primus, Polygnathus communis communis	8	21	3
Кожым	9/10	f	59	0	Polygnathus communis communis, Spathognathodus crassidentatus	11	18	1
	79-2	d	76	0	Siphonodella quadruplicata, Siphonodella cooperi, Siphonodella hassi, Bispathodus stabilis	122	34	10
	79-2-1	d	47	0	Siphonodella quadruplicata	14	1	0
	79-3	d	69	0	Siphonodella quadruplicata, Siphonodella cooperi	50	9	5
Константинов	19a	a	76	0	Siphonodella quadruplicata, Siphonodella obsoleta, Siphonodella hassi	344	28	14
	19b+c	a	62	0	Siphonodella quadruplicata, Siphonodella obsoleta, Siphonodella cooperi, Siphonodella hassi	223	27	11
	19d	b	53	0	Siphonodella quadruplicata, Siphonodella hassi	29	7	2
	19e	d	67	0	Siphonodella quadruplicata, Siphonodella cooperi, Siphonodella hassi	64	17	11
	20a	a-b	71	0	Siphonodella quadruplicata, Siphonodella obsoleta, Siphonodella hassi	179	39	14
	20b	c	63	0	Siphonodella quadruplicata, Siphonodella obsoleta, Siphonodella hassi	256	41	18
	20c	c-d	74	0	Siphonodella quadruplicata, Siphonodella hassi	32	6	1
Вангыр 21	64	R	67	0	Siphonodella crenulata, Siphonodella cooperi, Spathognathodus crassidentatus	15	14	2
	65	R	56	1	Polygnathus purus, Siphonodella obsoleta, Siphonodella cooperi	105	57	26

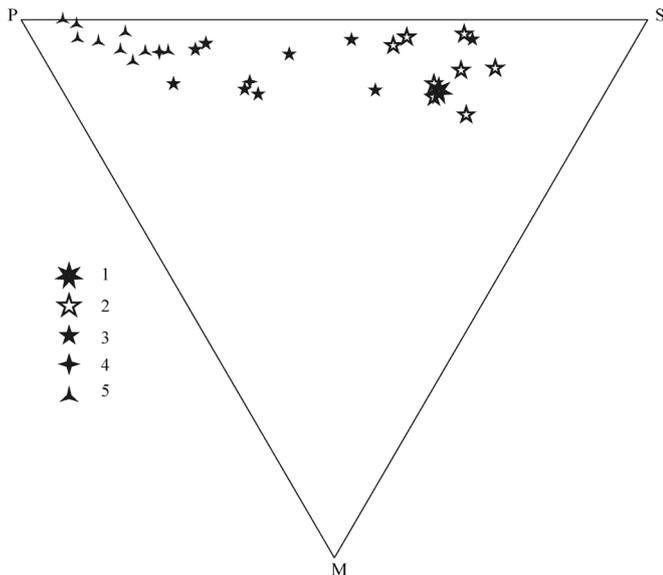


Рис. 5. Соотношение P, S и M конодонтовых элементов в образцах из различных элементов турбидитных циклитов.

1 – соотношение конодонтовых элементов в аппарате, 2 – образцы из фоновых отложений (f), 3 – образцы из элемента циклита e, 4 – образцы из элемента циклита d, 5 – образцы из элементов циклита a-с.

шения P, S и M элементов в таких отложениях показывает минимальные отклонения от соотношения в аппарате, что соответствует крайне незначительному влиянию динамики среды седиментации на состав конодонтовых комплексов (рис. 3).

Процентное соотношение количества обломков и конодонтовых элементов (табл. 1) слабо зависит от положения в циклите. В среднем, количество обломков составляет 50–60% от общего числа обломков и целых элементов (проанализировано 150 образцов). По этим данным можно предположить, что фрагментация конодонтовых элементов происходила не при транспортировке и отложении осадка в турбидитном потоке, а в результате постседиментационной перекристаллизации карбонатной породы. Это предположение косвенно подтверждается распределением процентного содержания обломков по литологическим типам пород. Наименьшее оно в алеврит-глинистых породах (в среднем 40%, количество проанализированных образцов 54), а наибольшее – в карбонатных и карбонатно-кремнистых (50–60%, количество проанализированных образцов 259). Не исключено также влияние на степень фрагментации процесса обработки образцов.

Кроме того, не наблюдается зависимости количества окатанных обломков конодонтовых элементов от положения в турбидитном циклите (табл. 1). В среднем, для глубоководных отложений количество окатанных обломков составляет около 0.5% от общего количества обломков и целых конодонто-

вых элементов (по 30 образцам, содержащим не менее 100 обломков и конодонтовых элементов). Учитывая малый размер конодонтовых элементов, можно предположить, по аналогии с алевритовыми частицами, что их механическое повреждение (окатывание, истирание) происходит в водной среде только в высокодинамичной обстановке и за длительное время. Таким образом, наиболее вероятно, что наблюдаемые в турбидитах окатанные конодонтовые элементы механически повреждались в мелководной активноводной зоне, и уже после этого переносились в мутьевом потоке. Косвенно это подтверждается большим процентом окатанных обломков в мелководных отложениях – в среднем эта величина составляет 7–8% (по 140 образцам, содержащим не менее 100 обломков и конодонтовых элементов).

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что перенос конодонтовых элементов турбидитным потоком слабо сказывается на сохранности самих элементов, однако существенно изменяет соотношение морфологических типов элементов в осадке по сравнению с исходным соотношением в конодонтовом аппарате.

При этом наблюдаемые смещения соотношений конодонтовых элементов в комплексах по сравнению с соотношением элементов в аппарате могут интерпретироваться как следы посмертной гидродинамической сортировки. Величина смещения на тройной диаграмме может служить параметром для оценки степени аллохтонности конодонтовых комплексов.

Важно отметить, что сортировка и, как следствие, существенное смещение соотношений морфологических типов конодонтовых элементов происходит практически во всех элементах турбидитного цикла, кроме самых верхних. Из этого следует нежелательность использования конодонтовых комплексов из таких отложений для статистической реконструкций конодонтовых аппаратов. При стратиграфической интерпретации конодонтовых комплексов из турбидитных толщ необходимо учитывать высокую вероятность переотложения конодонтовых элементов, как в нижних, так и в верхних частях циклитов. При этом сохранность конодонтовых элементов в данном случае не является надежным признаком степени автохтонности. Одним из критериев субавтохтонности комплекса может служить близкое к естественному (наблюдаемому в аппарате) соотношение количества P, S и M элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлев А.В. Конодонты верхнего девона–нижнего карбона северо-востока Европейской России. Л.: ВСЕГЕИ, 2003. 85 с.

2. Журавлев А.В. Стратиграфическая характеристика верхнедевонских отложений среднего течения р. Кары (ЮЗ Пай-Хой) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2008 (3) http://www.ngtp.ru/gub/2/48_2008.pdf
3. Журавлев А.В. Биостратиграфический анализ конодонтовых комплексов верхней части устьпарнокской толщи (фамен–турне) Полярного Урала // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2010. Т. 85, вып. 4. С. 28–34.
4. Журавлев А.В. Новая хэнгурсейская свита верхнего девона юго-западного склона Центрального Пай-Хоя // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. (5), № 2. 0421000064\0020 http://www.ngtp.ru/gub/2/20_2010.pdf
5. Мизенс Г.А. Верхнепалеозойский флиш Западного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 231 с.
6. Романовский С.И. Физическая седиментология. Л.: Недра, 1988. 240 с.
7. Соболев Д.Б. Остракоды и биостратиграфия турнейского яруса севера Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 113 с.
8. Шишлов С.Б. Структурно-генетический анализ осадочных формаций. СПб: СПбГТИ, 2010. 276 с.
9. Babek O., Kalvoda J. Compositional Variations and Patterns of Conodont Reworking in Late Devonian and Early Carboniferous Calciturbidites (Moravia, Czech Republic) // *Facies*. 2001. V. 44. P. 211–226.
10. McGoff H.J. The hydrodynamics of conodont elements // *Lethaia*. 1991. V. 24. P. 235–247.
11. Piper D.J.W. Turbidite muds and silts on deep sea fans and abyssal plains // *Sedimentation in submarine canyons, fans, and trenches*. 1978. P. 163–175.
12. Sobolev D.B., Vevel Y.A., Zhuravlev A.V., Kamzalakova S.Y. Facies and fossil associations of the uppermost Famennian and Tournaisian deposits of the Iz'yayu River section (Tchernyshev Uplift) // *Ichthyolith issues Spec. Publ.* 2000. V. 6. P. 108–111.
13. Walker R.G. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models of exploration for stratigraphic traps // *AAPG Bull.* 1978. V. 62 (6). P. 932–966.
14. Zhuravlev A.V. Tournaisian (Lower Carboniferous) conodont natural assemblages (Northern Urals) // *Ichthyolith Issues Spec. Publ.* 1997. V. 3. P. 52–53.

Рецензент В.В. Черных

Conodont element taphonomy in the Late Devonian–Early Carboniferous turbidites of the north of Urals and Pay-Khoy

A.V. Zhuravlev

All Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI)

Taphonomy of conodont elements in different parts of turbidite cyclites is considered. The study is based on the conodont associations from the Late Devonian–Early Carboniferous turbidites of the Sub-Polar Urals, Tchernyshev Swell, and Pay-Khoy. It is supposed that transporting of the conodont elements in the turbidite current led to their morphological and size sorting without significant damage for the elements. It is necessary taking into account high probability of conodont element reworking and sorting in both the upper and lower parts of turbidite cyclites.

Key words: *conodonts, taphonomy, turbidites.*