

УДК 550.382.3:552.142(470.111+470.13)

Попов В.В., Журавлев А.В.ФГУП «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ РАЗЛИЧНЫХ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ СНОСА МАТЕРИАЛА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТУРБИДИТНЫХ ПОТОКОВ

Карбонатные конусы выноса турбидитной природы рассматриваются как перспективный объект для поисков местоскоплений нефти и газа. Важной практической задачей представляется реконструкция формы конусов выноса, областей питания и направлений палеопотоков. Предлагается метод определения направлений турбидитных потоков с использованием ориентировки полуосей эллипсоидов анизотропии магнитной восприимчивости. Получена новая модель поведения главных полуосей в различных элементах турбидитного потока. Изучение 13 объектов позволило восстановить направление палеопотоков в различных частях Предуральского прогиба для двух временных срезов и построить карты-схемы, реконструирующие палеогеографическое положение источников карбонатного материала.

Ключевые слова: анизотропия, магнитная восприимчивость, турбидиты, направление сноса материала, палеогеография, реконструкция, конус выноса, Предуральский прогиб.

Введение

В последние годы карбонатные конусы выноса турбидитной природы рассматриваются как перспективный объект для поисков местоскоплений нефти и газа [Фортунатова, 2007]. Это обусловлено относительно высокой открытой пористостью карбонатных турбидитных отложений (более 6% [Фортунатова, 2007]), превышающей таковую фоновых глубоководных карбонатов, и значительными мощностями турбидитных толщ. Такие толщи могут формировать крупные природные резервуары в областях глубоководного палеошельфа. При этом наиболее перспективными являются проксимальные части древних конусов выноса, сложенные, по сравнению с дистальными, более грубозернистыми разностями обломочных карбонатов и обладающие лучшими фильтрационно-емкостными свойствами [Фортунатова, 2007].

Для турбидитов существуют хорошо разработанные седиментологическая и физическая модели формирования, подтвержденные обширным геологическим и экспериментальным материалом [Piper, 1978; Walker, 1978; Романовский, 1988; Мизенс, 1997; Шишлов, 2010].

Важной практической задачей представляется реконструкция формы конусов выноса, областей питания и направлений палеопотоков, поскольку на основе этих данных возможен достаточно точный прогноз пространственного изменения фильтрационно-емкостных

свойств турбидитных толщ и выделение природных резервуаров. Сложность решения этой задачи только седиментологическими методами обусловлена особенностями строения турбидитных циклитов. По текстурным признакам (гиероглифы в основании циклитов, косая слоистость) реконструкция направления потока возможна только для проксимальных турбидитов. Для дистальных турбидитов такие реконструкции невозможны или крайне затруднены. Поэтому выявление дополнительных признаков для определения направления древних турбидитных потоков представляется актуальной задачей.

Чтобы выполнить палеогеографическую реконструкцию для какого-то временного интервала на основе палеомагнитных направлений необходимо иметь, как минимум, сами эти направления, то есть выделить направление древней компоненты намагниченности и доказать ее возраст. В процессе такой работы палеомагнитологи часто сталкиваются с рядом сложностей. Типичными сложностями при изучении осадочных пород являются низкая величина естественной остаточной намагниченности (особенно это касается карбонатных пород) и вторичные изменения намагниченности – так называемое перемагничивание. Ярким примером вторичного изменения намагниченности может служить пермское перемагничивание, широко проявленное на всех крупных литосферных плитах. Очень часто древняя первичная намагниченность бывает полностью уничтожена в процессе перемагничивания. В результате этого огромное количество изученного материала не может быть использовано для восстановления палеогеографии. Именно с этими сложностями мы столкнулись, работая много лет в районе Урала, Предуральяского прогиба и Пай-Хоя. Была сделана попытка использовать для проведения палеореконовструкций другие магнитные характеристики – анизотропию магнитной восприимчивости и идеальной намагниченности. Мы основывались на следующем утверждении: *если после седиментации магнитные минералы не претерпели существенных химических изменений, то даже полное их перемагничивание не уничтожит первичную форму и ориентировку зерен, а значит - анизотропия магнитной восприимчивости может нести информацию об условиях осадконакопления.*

Характеристика объектов исследования

Модели формирования турбидитов как отложений зерновых и суспензионных потоков подробно рассмотрены в литературе [Piper, 1978; Walker, 1978; Романовский, 1988; Мизенс, 1997; Шишлов, 2010]. В наиболее полном турбидитном циклите (цикле Боумы) выделяется шесть элементов, индексированных снизу вверх по разрезу буквами латинского алфавита (рис. 1). Элементы цикла Боумы различаются по текстурно-структурным характеристикам.

Элемент **a** характеризуется отчетливой градационной сортировкой обломочных частиц, элемент **b** – субпараллельной слойчатостью, элемент **c** – косой однонаправленной слойчатостью, элемент **d** – параллельной слойчатостью, элемент **e** – сочетанием параллельной слойчатости и градационной сортировки обломочных частиц, элемент **f** – массивной или тонкослойчатой текстурой. Формирование элементов цикла Боумы происходит при осаждении из потока с различной динамикой и режимом: элементы **a** и **b** осаждаются из высокоплотного потока в виде суспензии, элемент **c** – из низкоплотного потока в режиме волочения зерен, элемент **d** – из низкоплотного потока при смешанном режиме, элементы **e** и **f** – из низкоплотного потока в виде суспензии [Романовский, 1988]. При переходе от проксимальных частей конуса выноса к дистальным из разреза циклита последовательно выпадают нижние элементы: в проксимальных турбидитных циклитах наблюдается полная последовательность, а в самых дистальных циклит состоит только из элемента **e**.

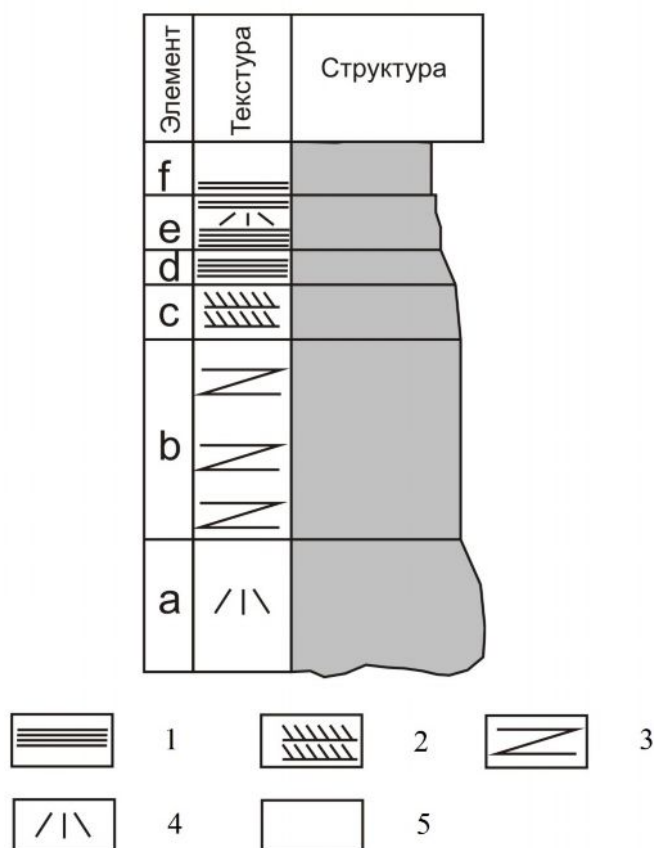


Рис. 1. Элементы цикла Боумы

1 – параллельная; 2 – косая однонаправленная; 3 – субпараллельная; 4 – градационная; 5 – массивная.

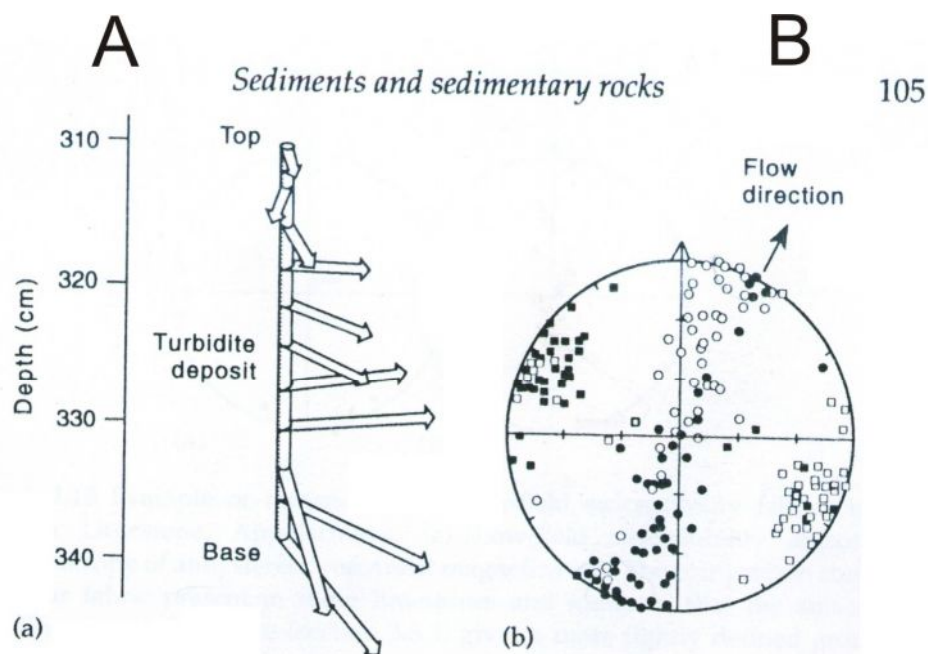
Предпосылки выполнения данной работы

При изучении анизотропии магнитной восприимчивости использовались специфические геологические объекты – турбидитные циклиты, которые образуются в

результате лавинообразного схода осадочного материала, накопившегося на склоне. Сам процесс образования таких объектов имеет ряд особенностей, описываемых циклом Боумы (рис. 1), которые приводят к формированию эллипсоидов анизотропии, отличных от таковых в других типах осадков [Игошин, 1986; Кочегура, 1992; Tarling, Hrouda, 1993]. В различных частях одного потока направления максимальной K_1 , промежуточной K_2 и минимальной K_3 полуосей эллипсоида анизотропии могут иметь существенные различия, что связано с воздействием большого числа факторов: от того, в какой части цикла Боумы (рис. 1) отбирались образцы, размера и формы магнитных частиц, размера и формы зерен вмещающей эти частицы немагнитной матрицы, скорости потока, из какой части конуса выноса материала производился отбор и т. д. Так в тех частях цикла Боумы, где скорость потока относительно невелика, направление K_1 совпадает с направлением потока (рис. 2А – нижняя и верхняя части потока, С – элементы «а», «b», «d», «e», «f» [Tarling, Hrouda, 1993]). Далее в тексте будем называть эту картину «моделью 1» (рис. 2С). Там, где скорость максимальна и при этом происходят турбулентные движения (элемент «с»), направление K_1 может быть перпендикулярно направлению потока (рис. 2В [Tarling, Hrouda, 1993], D – «модель 2»). Важно, что даже при таких различиях этих направлений, существует возможность вычислить направление потока, идущего перпендикулярно склону. А это позволяет говорить о простирании подводного склона в момент схода потока, т. е. именно о его палеогеографическом положении. Очевидно, что для этого должны сохраниться первичные форма и химический состав магнитных минералов. Необходимо отметить, что на эту тему исследований опубликовано очень мало результатов.

В качестве модельного образца мы использовали турбидитный циклит 15 см мощности, в котором представлены все части цикла Боумы (рис. 3А). Этот образец был сориентирован при отборе, и для него было замерено направление потока по ориентировке иероглифов в подошве циклита (рис. 3В). Из образца были выпилены кубики с ребром 2 см с точной привязкой их к элементам цикла Боумы (рис. 3С). Для каждого образца была измерена анизотропия магнитной восприимчивости. Направления K_1 , K_2 и K_3 дали распределения, существенно отличающиеся от тех, что были описаны в работе [Tarling, Hrouda, 1993] (рис. 2А, В). В нашем случае (рис. 4) направление K_1 имеет вытянутое вдоль направления потока распределение при одинаковом склонении. Наклонение K_1 при этом растет вверх по разрезу циклита до элемента «с» цикла Боумы и уменьшается выше этого элемента. Такое поведение K_1 очень красиво описывает динамику внутри потока (рис. 4). Расхождение с предложенными в работе Tarling D.H., Hrouda F. (1993) примерами можно объяснить так:

скорости потока в элементе «с» цикла Боумы оказалось недостаточно для того, чтобы K_1 повернулась перпендикулярно потоку. То есть, весь образец представлен результатом осаждения из потока с малой скоростью. В этих образцах была также изучена анизотропия идеальной намагниченности (описание методики см. в книге Л.А. Игошина [Игошин, 1986]), которая дала сходную с анизотропией магнитной восприимчивости картину.



С
модель 1

Д
модель 2

Е
модель 3

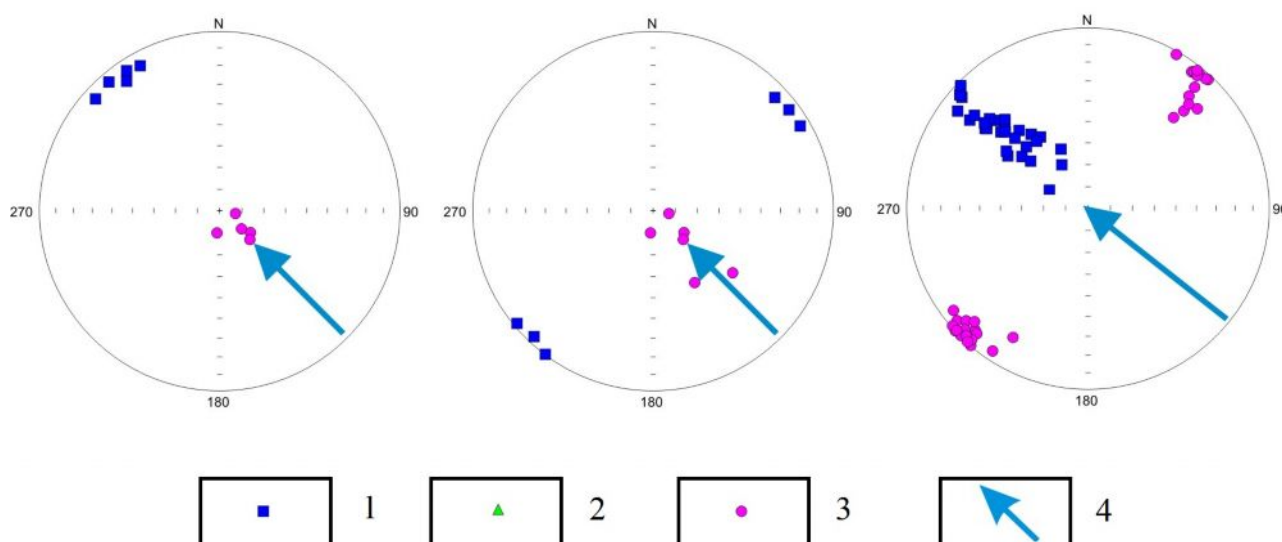


Рис. 2. Распределения направлений главных полюсей эллипсоида АМВ в различных по скорости частях турбидитного потока

1 – K_1 ; 2 – K_2 ; 3 – K_3 ; 4 - направление потока.

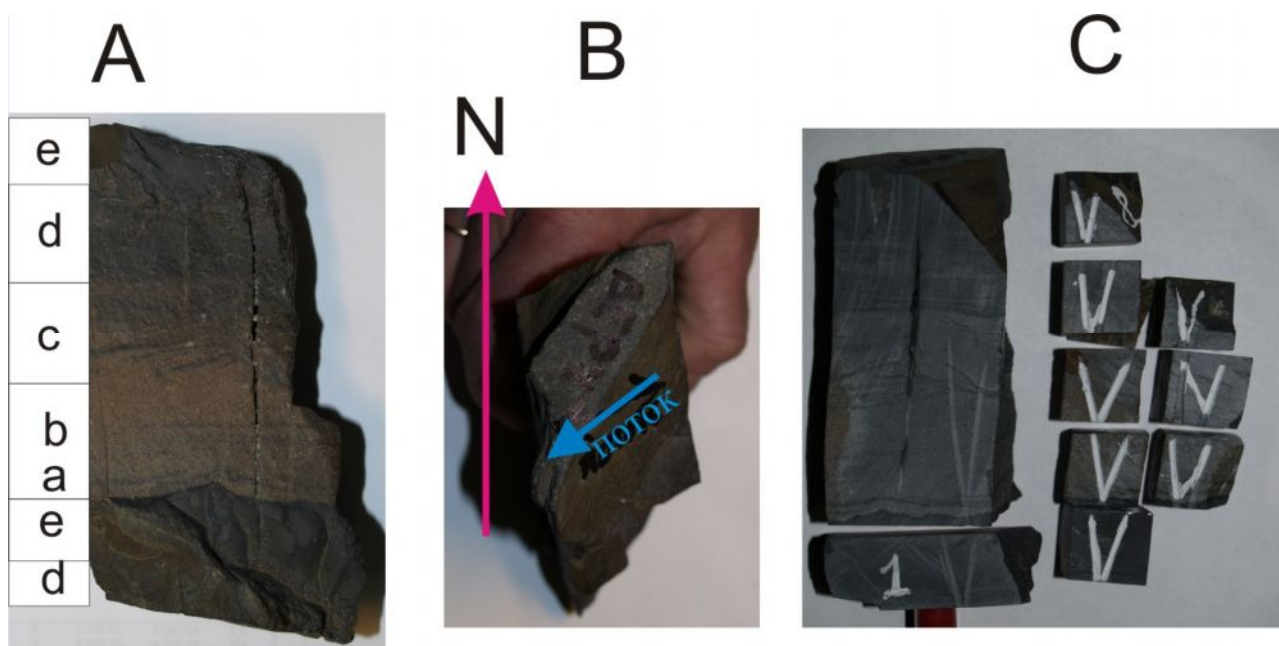


Рис. 3. Модельный образец турбидитного потока, р. Харуга, с элементами цикла Боумы и схема распиловки на кубики с ребром 2 см

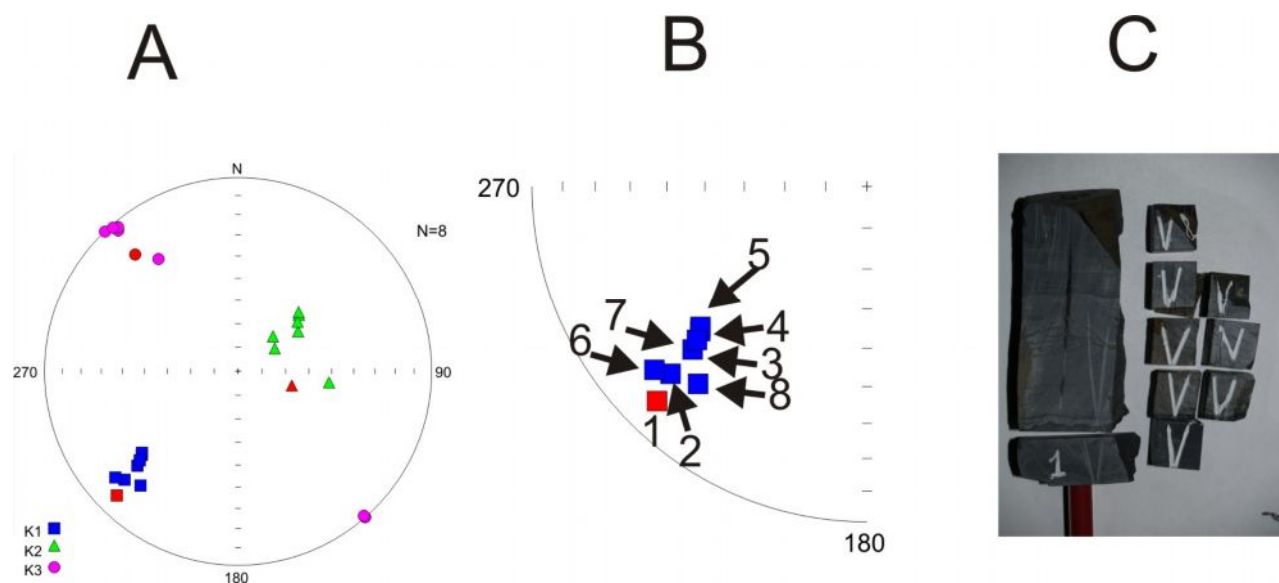


Рис. 4. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в модельном образце турбидитного потока, р. Харуга, с элементами цикла Боумы и схема распиловки на кубики с ребром 2 см

Для детализации полученного результата из того же образца еще раз были выпилены кубики (по 3 с каждого стратиграфического уровня), но с ребром 1 см, и повторены все измерения. Полученные распределения представлены на рис. 5 с указанием номеров образцов и привязкой их к элементам цикла Боумы. Видно, что описанная выше картина изменения наклонения K_1 по разрезу потока стала еще нагляднее. Но проявились дополнительно некоторые особенности: изменение наклонения K_1 стали значительно больше – от 5°

до 75° , наклонение K_1 минимально в самой нижней и самой верхней частях турбидита – в элементах «а» и «b» (образцы 1-3) и в элементах «d», «e», «f» (образцы 8-9) цикла Боумы, в этих элементах внутрипластовая кучность максимальна. В элементе «с» наклонение K_1 максимально, а внутрипластовая кучность минимальна (образцы 4-7), что очевидно связано с турбулентностью потока при формировании этого элемента циклита. Будем называть такую картину «моделью 3» (рис. 2E).

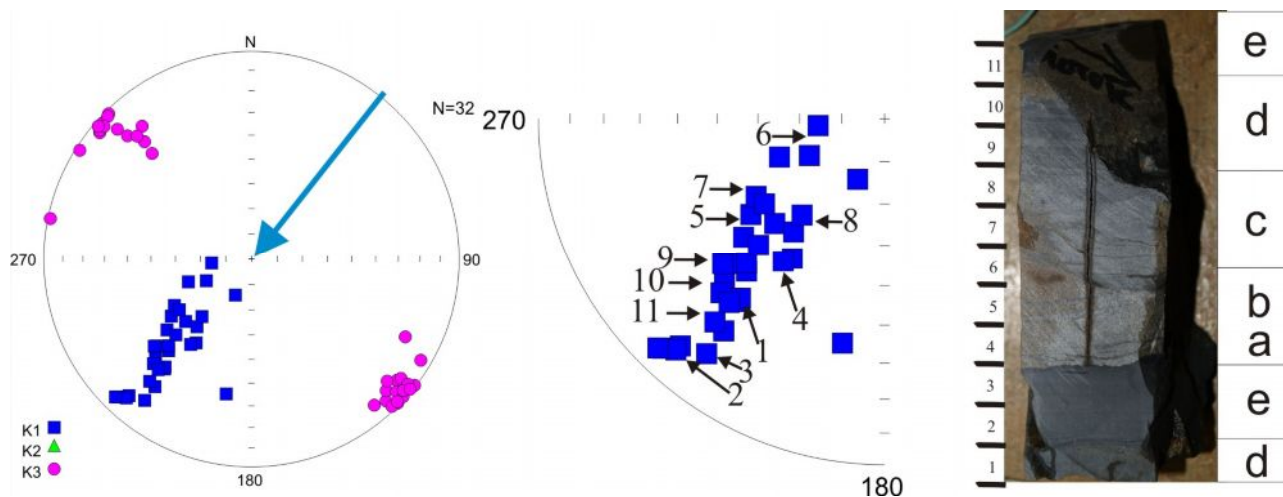


Рис.5. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в модельном образце турбидитного потока, р. Харута, с элементами цикла Боумы и схема распиловки на кубики с ребром 1 см и их привязка к элементам цикла Боумы

Полученное направление K_1 совпало с замеренным по гиероглифам направлением потока. Отсюда следует очень важный вывод о том, что распределение направлений главных полуосей эллипсоида анизотропии характеризует не только направление самого потока, но и динамику внутри него, а, следовательно, может являться критерием первичной природы частиц внутри потока.

Материал и методы

Изучение турбидитов проводилось в разрезах глубоководного шельфа северной части Урала (р. Кожым), поднятия Чернышева (р. Изъяю, р. Шарью) и Центрального Пай-Хоя (р. Хей-Яга). Литологическая и стратиграфическая характеристики разрезов опубликованы ранее и поэтому здесь не рассматриваются [Журавлев, 2003; Соболев, 2005].

Диагностика типа турбидитов и выделение в них элементов турбидитных циклитов осуществлялись на основе набора структурно-текстурных характеристик отложений (см. рис. 1).

Отбор образцов выполнялся по стандартной, принятой в палеомагнитных работах, методике [Палеомагнитология, 1982]. Образцы ориентировались магнитным компасом. Из обнажения отбирались штуфы или выбуривались керны.

Отбор кернов выполнялся, как правило, из центральных частей серии потоков. Из каждого керна в лаборатории выпиливалось 2-4 кубика с ребром 2 см.

В тех случаях, когда было возможно, отбирался штуф, который охватывал турбидитный поток целиком. Из штуфов также выпиливались кубики с ребром 2 см с точной их привязкой к элементам потока (цикла Боумы). Так как мощность элементов потока бывает маленькой, то в двухсантиметровом кубике иногда происходит осреднение сигнала из различных частей потока. Поэтому в подобных ситуациях кубики иногда выпиливались со смещением 1 см, таким образом, был реализован метод скользящего среднего.

Все образцы прошли полный цикл палеомагнитных исследований – выполнена магнитная чистка переменным магнитным полем и/или температурой и проведен компонентный анализ намагниченности [Zijderveld, 1967; Kirschvink, 1980; Палеомагнитология, 1982; Enkin, 1994]. К сожалению, ни в одном из изученных объектов не удалось надежно выделить стабильной компоненты намагниченности. Поэтому направления намагниченности не рассматриваются в данной работе.

Для каждого образца измерялась анизотропия магнитной восприимчивости (АМВ) на приборе KLY-3 (Брно, Чехия). Обработка полученных результатов выполнялась с использованием программы Anisoft-4.2 (Брно, Чехия) и программ, созданных в лаборатории магнитостратиграфии и палеомагнитных реконструкций ФГУП «ВНИГРИ».

При измерении магнитной восприимчивости и АМВ особое внимание уделялось надежности получаемых величин и направлений. Так при изучении каждого объекта шум пустого держателя измерялся несколько раз и сравнивался с сигналом образцов, результат использовался в дальнейшем, если сигнал образца значительно отличался от шума держателя. Кроме этого, выполнялся следующий тест надежности получаемых значений: некоторые образцы измерялись четыре раза с последовательным поворотом на 90° вокруг одной из осей, если такой же поворот совершали полуоси эллипсоида АМВ, то результат считался достоверным, в противном случае – браковался.

Если величина магнитной восприимчивости и анизотропии позволяли надежное их измерение, то двухсантиметровые кубики распиливались на 8 кубиков с ребром 1 см для детального изучения различных элементов потоков. Схемы распиловки штуфов на кубики показаны на фото. Все изученные объекты показаны в табл. 1.

На стереопроекции в стратиграфической системе координат наносились направления главных полуосей эллипсоида анизотропии – K_1 и K_3 . Полуось K_2 не показана, чтобы не перегружать рисунки.

Результаты и интерпретация

Полученные распределения направлений полуосей эллипсоида АМВ показаны на рис. 4-15. На рисунках синей стрелкой указано определенное по ориентировке эллипсоидов АМВ направление потока (потоков). Главные направления полуосей и направления потоков с их привязкой к скоростным характеристикам и элементам цикла Боумы приведены в табл. 2. Полученные в результате интерпретации АМВ направления турбидитных потоков различного возраста вынесены на схему расположения разрезов (рис. 16).

Реконструируемые для среднего франа и раннего фамена направления турбидитных потоков позволяют предположить, что источником карбонатного материала для района современной р. Шарью скорее всего служили отмели и органогенные постройки, расположенные в зоне сочленения гряды Чернышева и западной части Косью-Роговской впадины. Отложения подобных отмелей с водорослевыми органогенными постройками вскрыты бурением на Адакской площади, северо-восточнее разреза на р. Шарью. Проксимальные части карбонатных конусов выноса расположены, скорее всего, восточнее и юго-восточнее разреза Шарью, где прогнозируется переход к отмельным отложениям, аналогичным вскрытым на Адакской площади.

Направление потока для дистальных турбидитов среднего фамена в разрезе на р. Кожым соответствуют сносу карбонатного материала с удаленных от берега отмелей края шельфа, фрагменты которых сохранились в разрезах на р. Большая Надота (восточнее разреза Кожым). Можно предположить, что в восточной части Косью-Роговской впадины на этом стратиграфическом уровне присутствуют только крайне дистальные части конусов выноса, представленные пелитоморфными глинистыми карбонатами и аргиллитами.

Для района современного положения разреза Кожым в позднетурнейское время реконструируется два основных направления турбидитных потоков – с юго-востока и с северо-запада. Источником материала для первых служили, скорее всего, отмели края шельфа, а вторых – край карбонатной платформы, располагавшийся в районе современной гряды Чернышева (соответствующие отложения вскрыты в разрезах на р. Вангыр [Соболев, 2005]). При этом расстояние до отмелей края шельфа предполагается более близким (проксимальный турбидит, представленный элементами а-в цикла Боумы, обр. Тn20В), чем до края карбонатной платформы.

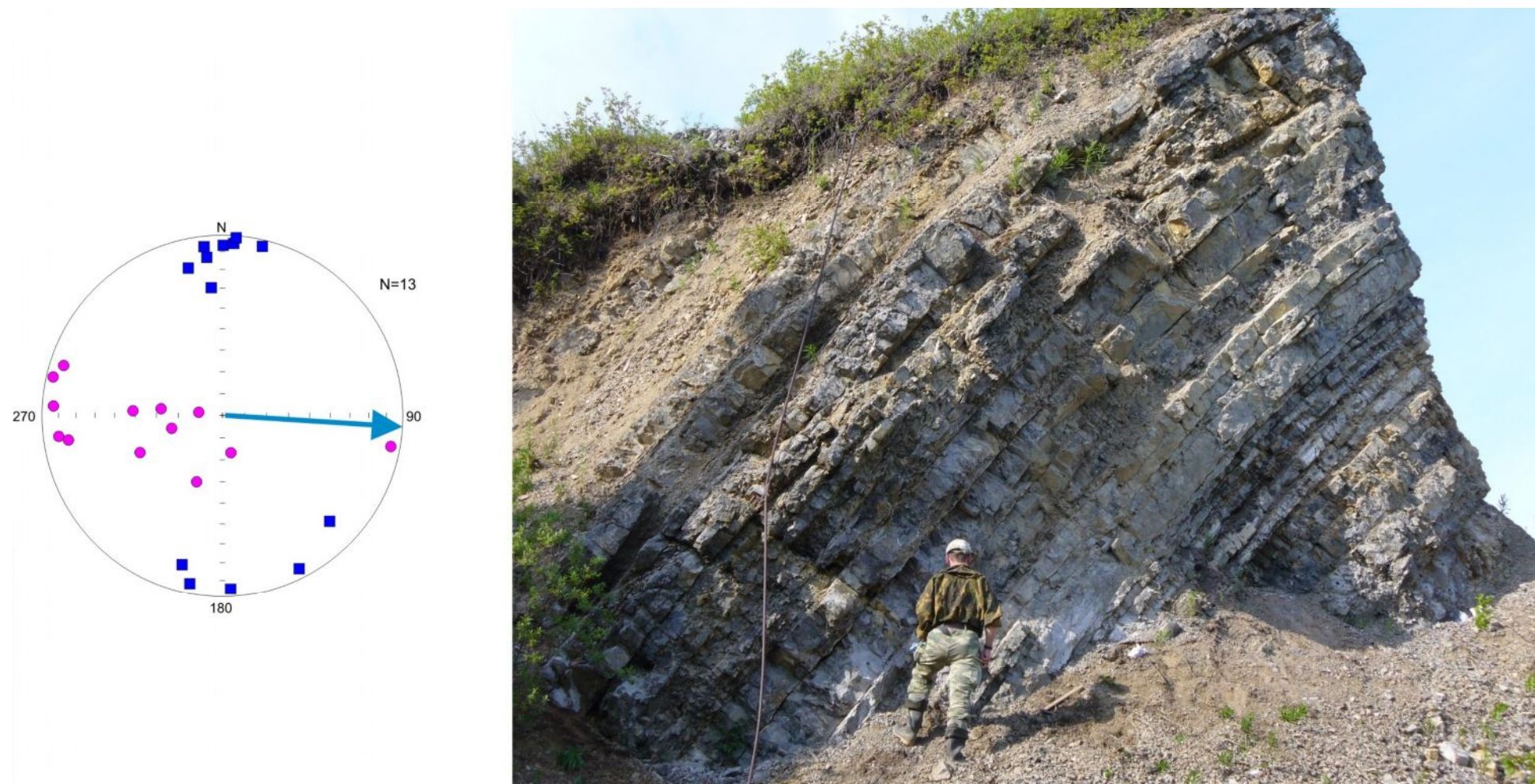


Рис. 6. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в центральных частях серии турбидитных потоков в разрезе р. Изьяю



Рис. 7. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в турбидитном потоке, р. Кожим, обн. Тп20b и схема распиловки на кубики с ребром 2 см

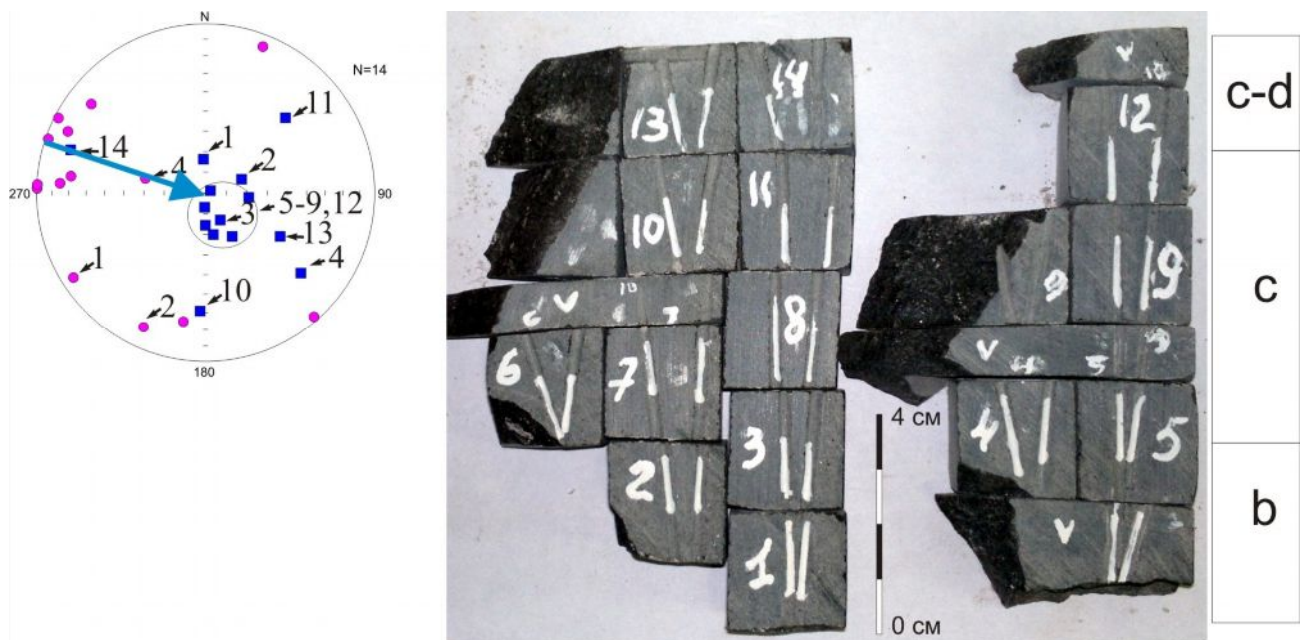


Рис. 8. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в турбидитном потоке, р. Кожим, обн. Тп20с, схема распиловки на кубики с ребром 2 см и их привязка к элементам цикла Боумы

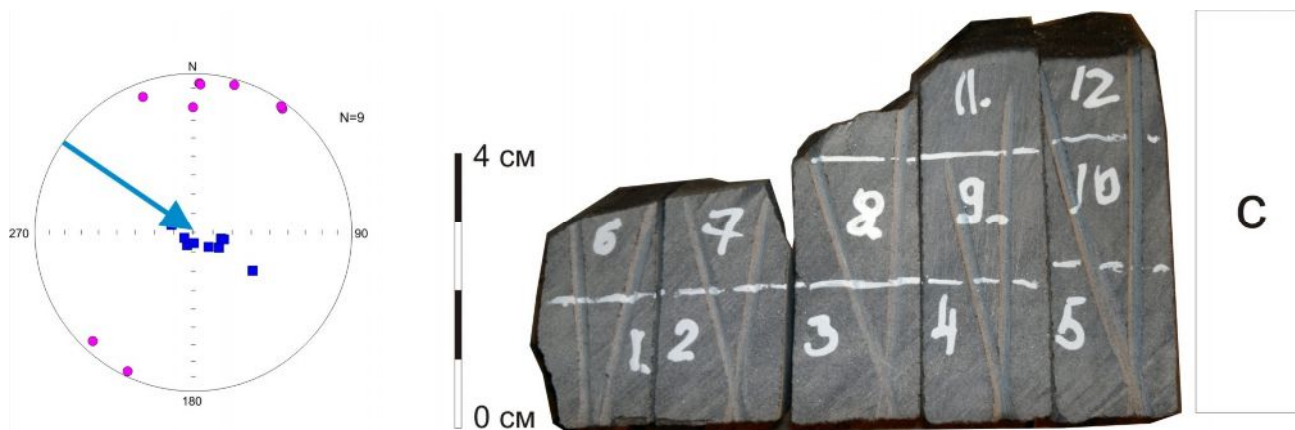


Рис. 9. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в турбидитном потоке, р. Кожим, обн. Тп20d, схема распиловки на кубики с ребром 2 см и их привязка к элементам цикла Боумы

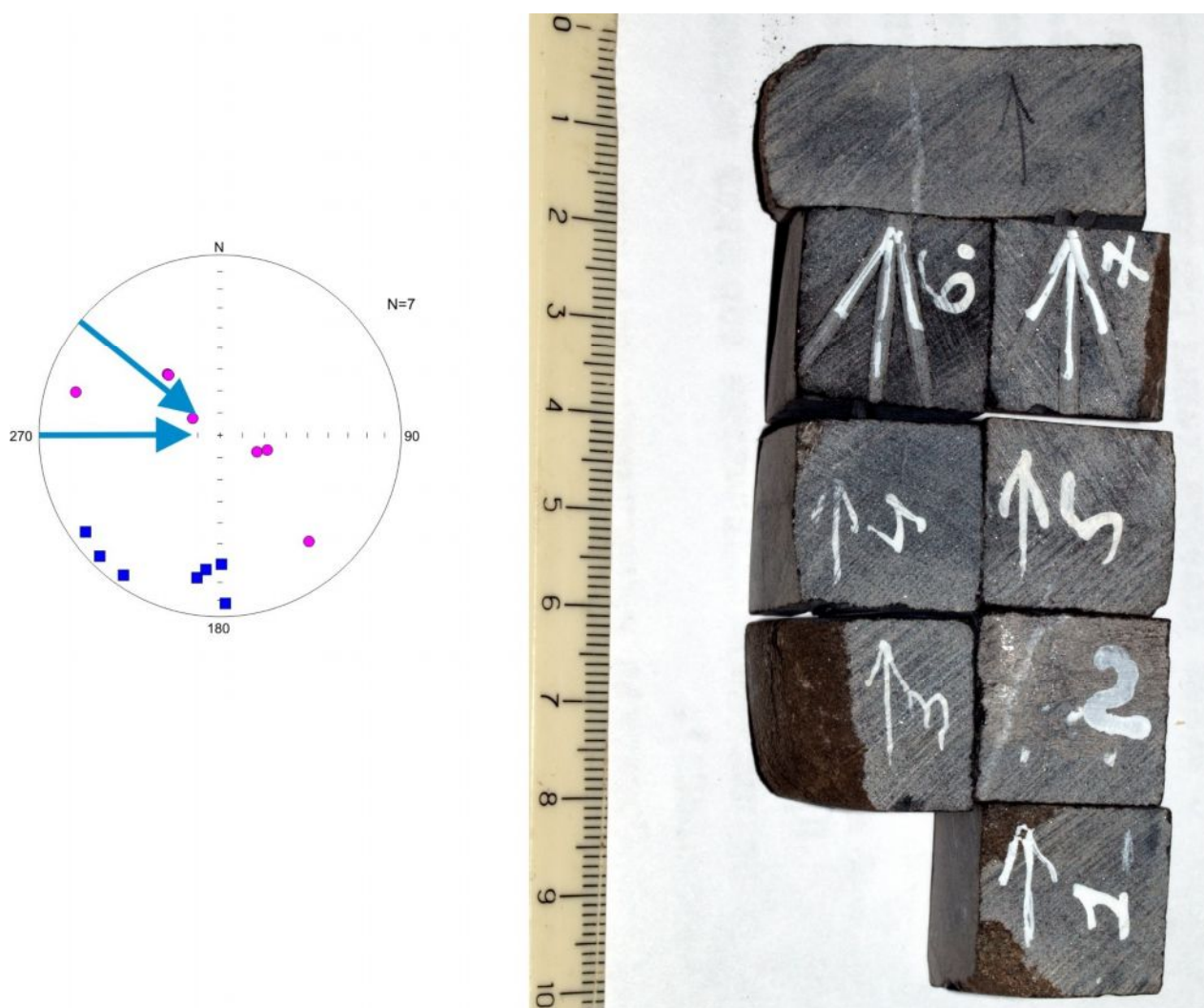


Рис. 10. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в турбидитном потоке, р. Кожим, обн. Тп20е, схема распиловки на кубики с ребром 2 см и их привязка к элементам цикла Боумы

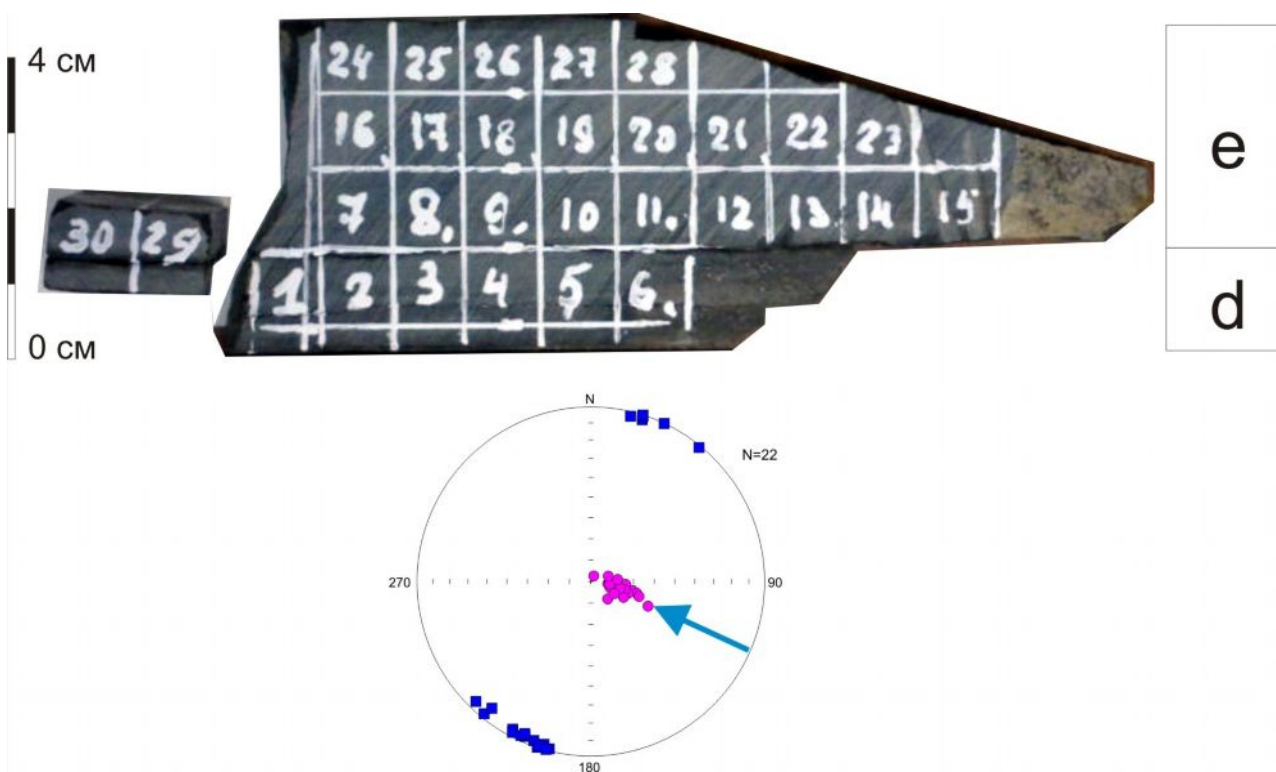


Рис. 11. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в турбидитном потоке, р. Кожим, обн. Лк, схема распиловки на кубики с ребром 1 см и их привязка к элементам цикла Боумы

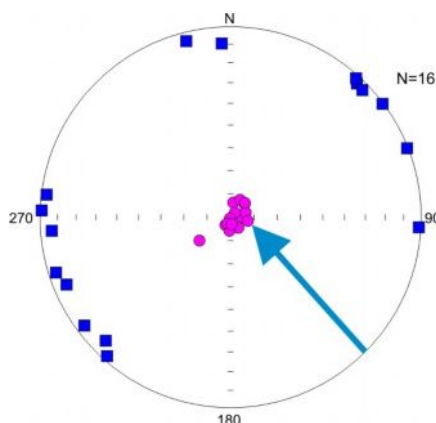


Рис. 12. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в турбидитном потоке, р. Шарью, обн. 229, схема распиловки на кубики с ребром 2 см и их привязка к элементам цикла Боумы

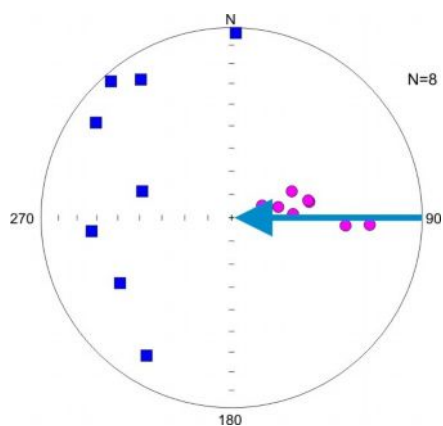


Рис. 13. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в турбидитном потоке, р. Шарью, обн. 229-9

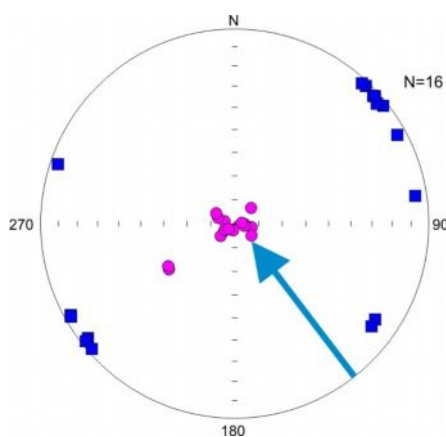


Рис. 14. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в турбидитном потоке, р. Шарью, обн. 228

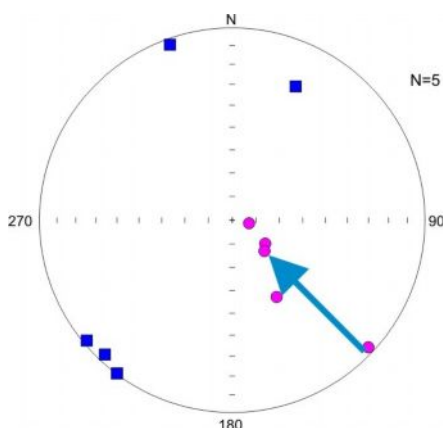


Рис. 15. Направления главных полуосей эллипсоида АМВ в турбидитном потоке, р. Шарью, обн. 226

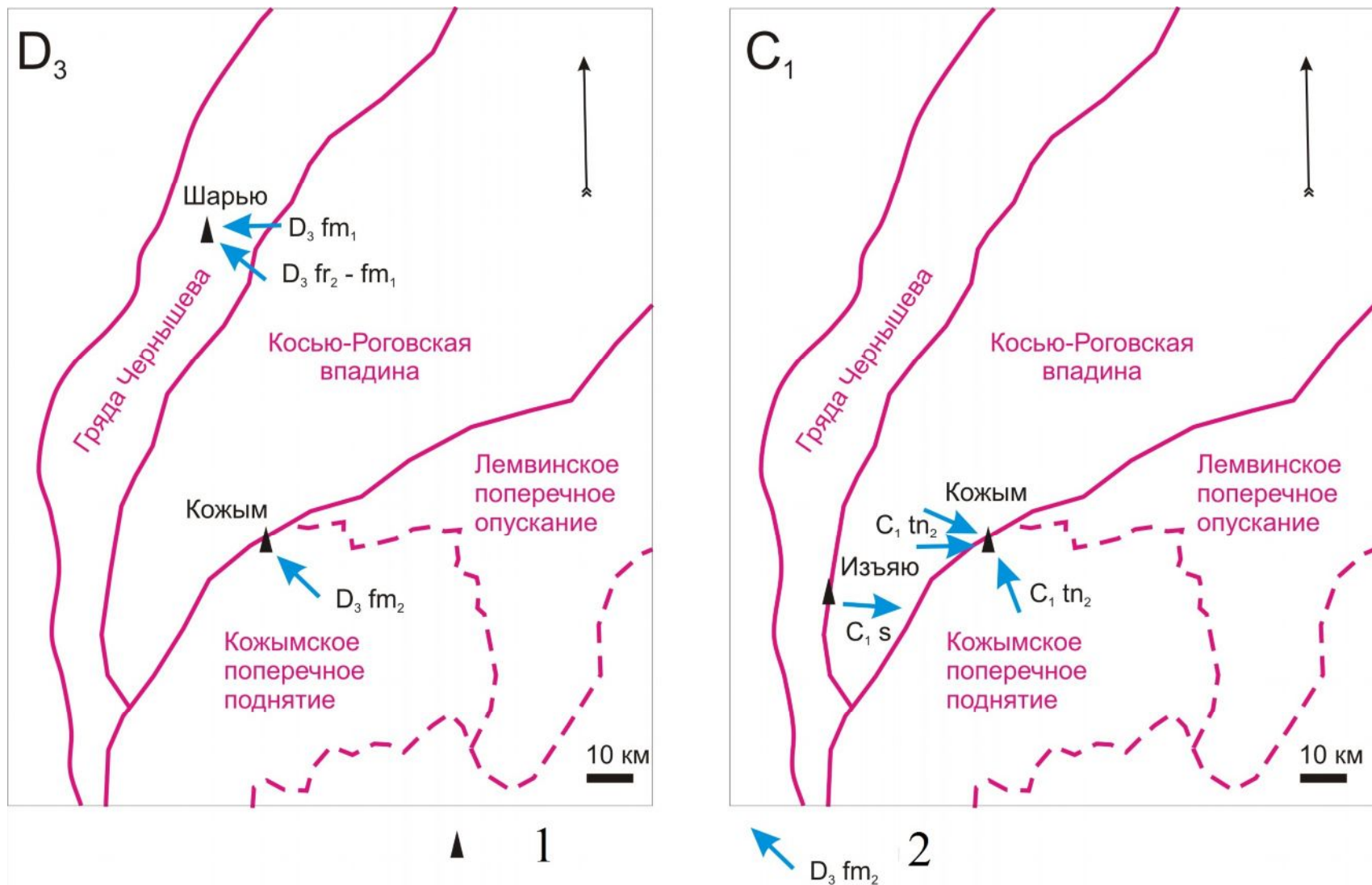


Рис. 16. Реконструированные направления турбидитных потоков для позднего девона и раннего карбона
 1 - изученные разрезы; 2 - направление и возраст турбидитных потоков.

Таблица 1

Характеристики изучаемых объектов

Разрез, обн., а*	Возраст	Кол-во потоков/кол-во образцов	φ*	λ*	Доп. признаки	Поток	Элементы цикла Боумы
Шарью, 226, 2 см	D3f2	5/5	66° 08' 36.8"	58° 44' 14.2"	гиероглифы	медленный	d-e
Шарью, 227-5, 1 см	D3 f3	1/1	66° 08' 28.4"	58° 43' 59.1"	глинисто-карбонатный состав	быстрый	e
Шарью, 227-5, 2 см	D3 f3	1/1	66° 08' 28.4"	58° 43' 59.1"		быстрый	e
Шарью, 228, 2 см	D3 fm1	12/16	66° 08' 25.7"	58° 43' 59.1"		быстрый	e
Шарью, 229-9, 1 см	D3 fm1	1/8	66° 08' 23.0"	58° 44' 01.8"		быстрый	e
Шарью, 229, 2 см	D3 fm1	16/16	66° 08' 23.0"	58° 44' 01.8"		быстрый	e
Кожим, Lk, 1 см	D3 fm2	1/22	65° 40' 21.9"	59° 42' 20.8"		быстрый	d-e
Кожим, Tn20 e, 2 см	C1 t2	1/7	65° 40' 26.1"	59° 42' 28.6"	канал	быстрый ?	c-d
Кожим, Tn20 d, 2 см	C1 t2	1/9	65° 40' 26.1"	59° 42' 28.6"	косая слоичатость	медленный	c
Кожим, Tn20 c, 2 см	C1 t2	1/5	65° 40' 26.1"	59° 42' 28.6"	косая слоичатость	медленный	b
Кожим, Tn20 c, 2 см	C1 t3	1/6	65° 40' 26.1"	59° 42' 28.6"		медленный	c
Кожим, Tn20 c, 2 см	C1 t4	1/3	65° 40' 26.1"	59° 42' 28.6"		медленный	c-d
Кожим, Tn20 b, 2 см	C1 t2	1/3	65° 40' 26.1"	59° 42' 28.6"		быстрый	a-b
Кожим, Tn20 a, 2 см	C1 t2	1/4	65° 40' 26.1"	59° 42' 28.6"		медленный	b-d
Хей-Яга, 7253, 2 см	C1 t3	19/61	68° 49' 00.0"	63° 21' 17.3"	глинисто-карбонатный состав	быстрый	e
Изьяю, 2 см	C1s1	13/13	65° 33' 08.1"	58° 38' 52.6"	глинисто-карбонатный состав	быстрый	e
Харуга, 1 см	C3-P1	1/32			гиероглифы и косая слоичатость	медленный	a-e
Харуга, 2 см	C3-P1	1/8			гиероглифы и косая слоичатость	медленный	a-e

* - φ, λ – широта и долгота точки отбора образцов; а – размер ребра кубика.

Таблица 2

Соответствие изученных потоков одной из трех моделей, направления главных полуосей эллипсоидов анизотропии и направления потоков

Разрез, обн., а	Возраст	Поток	Модель	Dk1*	Ik1*	Dk3*	Ik3*	Элементы цикла Боумы	Направление потока
Шарью, 226, 2 см	D3f2	медленный	1,2	220	0-25	130	0-90	d-e	310
Шарью, 227-5, 1 см	D3 f3	быстрый						e	
Шарью, 227-5, 2 см	D3 f3	быстрый						e	
Шарью, 228, 2 см	D3 fm1	быстрый	2	45-90	0-5	0-360	60-90	e	315
Шарью, 229-9, 1 см	D3 fm1	быстрый	1,2,3	220-310	0-40	90	80-90	e	270
Шарью, 229, 2 см	D3 fm1	быстрый	2	45-90	0-10	0-180	70-90	e	315
Кожим, Lk, 1 см	D3 fm2	быстрый	2	30-60	0-5	1-180	60-90	d-e	315
Кожим, Tn20 e, 2 см	C1 t2	быстрый ?	2	180, 220	0-30	120, 280	10-90	c-d	90, 120
Кожим, Tn20 d, 2 см	C1 t2	медленный	3	90-280	50-90	330-40	0-20	c	120
Кожим, Tn20 c, 2 см	C1 t2	медленный	1	110, 280	20-60	270-300	0-20	b	110
Кожим, Tn20 c, 2 см	C1 t3	медленный	1	0-180	30-90	270-300	0-70	c	110
Кожим, Tn20 c, 2 см	C1 t4	медленный	1, 3	0-160	30-90	180-270	5-70	c-d	110
Кожим, Tn20 b, 2 см	C1 t2	быстрый	2	70-80	30	160-180	5-20	a-b	340
Кожим, Tn20 a, 2 см	C1 t2	медленный						b-d	
Хей-Яга, 7253, 2 см	C1 t3	быстрый						e	
Изьяю, 2 см	C1s1	быстрый	2	345-15	0-30	200-290	0-90	e	95
Харута, 1 см	C3-P1	медленный	3	225	5-75	135	0-30	a-e	225
Харута, 2 см	C3-P1	медленный	3	225	10-30	135	10-30	a-e	225

* - $Dk1/Ik1$, $Dk3/Ik3$ – склонение и наклонение максимальной и минимальной полуоси эллипсоида АМВ соответственно, остальные обозначения см. в табл. 1.

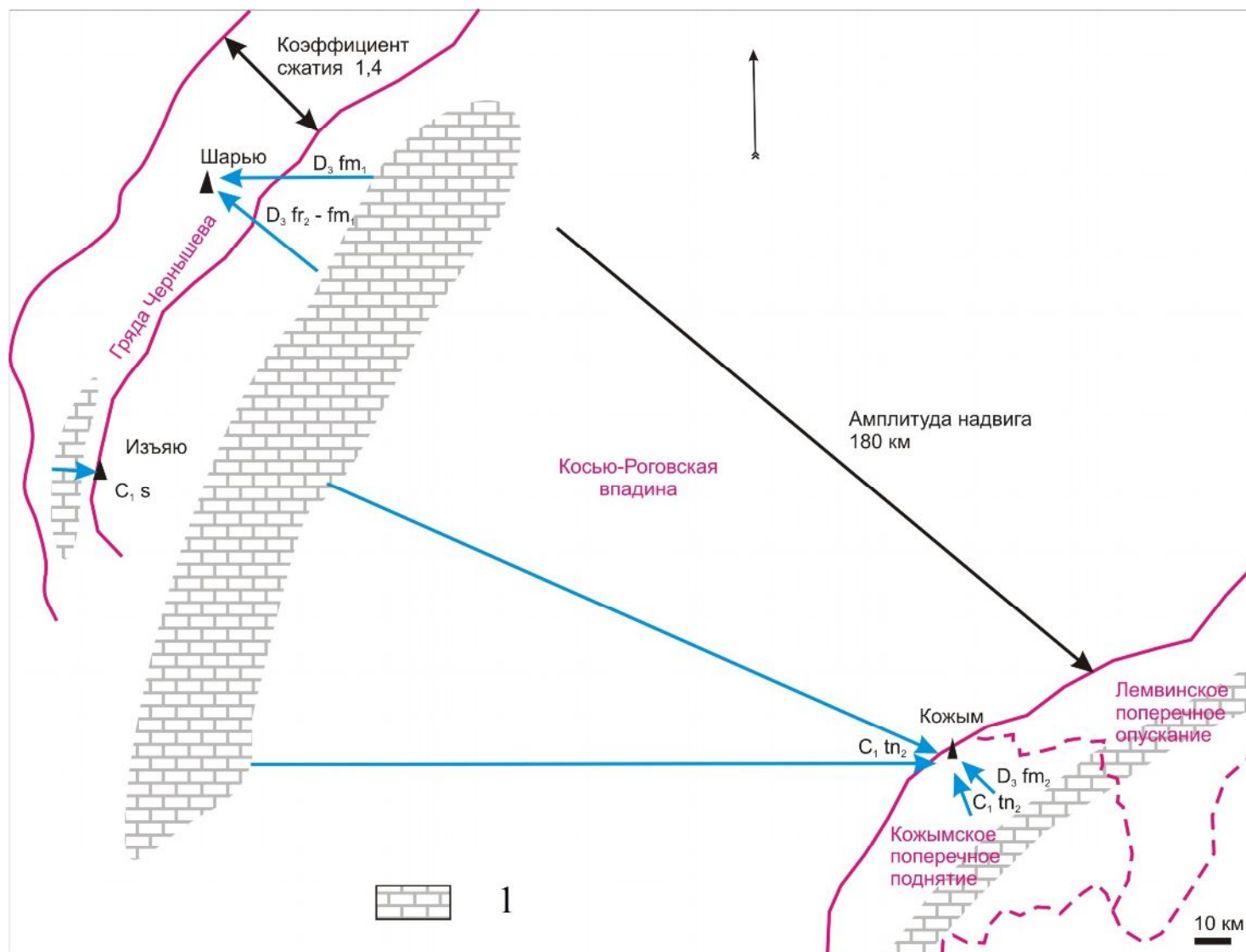


Рис. 17. Реконструированные направления турбидитных потоков для позднего девона и раннего карбона на палинспастической реконструкции 1 - предполагаемые источники карбонатного материала. Остальные условные обозначения см. на рис. 16.

Реконструируемое направление турбидитных потоков в раннесерпуховское время для разреза на р. Изъяю отвечает источнику карбонатного материала, расположенному на крае карбонатной платформы. В раннесерпуховское время глубоководная депрессия с лавинной седиментацией располагалась на юге Косью-Роговской впадины, а источником материала для турбидитов служила обширная карбонатная платформа, отложения которой известны на гряде Чернышева (разрезы на реках Вангыр, Шарью).

Следует отметить, что современное расположение разрезов существенно отличается от их положения в позднедевонско-раннекаменноугольное время, в первую очередь – за счет позднепалеозойско-раннемезозойских складчато-надвиговых дислокаций. Поэтому при реконструкции возможных источников турбидитных потоков использовались палеогеографические схемы, учитывающие палинспастические реконструкции [Юдин, 1994]. Так на реконструкции разрезы, расположенные восточнее Главного Западноуральского надвига, сдвинуты на восток на 180 км, а разрезы гряды Чернышева сдвинуты на запад на 30 км от линии Восточного надвига (рис. 17). Для гряды Чернышева принят коэффициент сжатия складок 1,4 (рассчитан по геологическим профилям в районе разрезов Изъяю и Шарью).

Выводы

В результате проведенных исследований построены и подтверждены фактическим материалом три модели АМВ в турбидитах. Для быстрых потоков поведение АМВ во всех элементах цикла Боумы описывается преимущественно моделью 2, исключение составляет элемент е, где присутствуют признаки всех трех моделей. Для медленных потоков в элементе «а» цикла Боумы реализуется модель 3, в элементах в и с – модели 1 и 3, а в элементах d и e – все три модели.

Осуществленные на основе АМВ реконструкции направлений турбидитных течений для позднего девона – раннего карбона юга гряды Чернышева и Приполярного Урала позволяют предполагать два источника обломочного карбонатного материала – восточный и западный. В соответствии с этим проксимальные турбидиты предполагаются только в западной части юга Косью-Роговской впадины.

Литература

Дополнение к стратиграфическому кодексу 1992 года. - Санкт-Петербург: МСК, 2000.

Игошин Л.А. Магнитная анизотропия горных пород // Использование магнетизма горных пород при геологической съемке. / Под ред. Шолпо Л.Е. – Ленинград: Недра, 1986. - С. 133-153.

Иосифиди А.Г., Храмов А.Н. Средне- и позднепалеозойские этапы горизонтальных движений в Баренцево-Печорском регионе и эволюция их взаимоотношений с Русской платформой и Уралом по палеомагнитным данным. - Международная геофизическая конференция. 300 лет горно-геологической службе России. - Санкт-Петербург, 2000. - С. 22-23.

Кочегура В.В. Применение палеомагнитных методов при геологической съемке шельфа. - Методическое пособие по геологической съемке масштаба 1:50 000. - Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 1992. - 144 с.

Мизенс Г.А. Верхнепалеозойский флиш Западного Урала. - Екатеринбург: УрО РАН, 1997. - 231 с.

Палеомагнитология / Храмов А.Н. и др. - Л.: Недра, 1982. - 312 с.

Романовский С.И. Физическая седиментология. - Л.: Недра, 1988. - 240 с.

Соболев Д.Б. Остракоды и биостратиграфия турнейского яруса севера Урала. - Екатеринбург: УрО РАН, 2005. - 113 с.

Фортулатова Н.К. Седиментационные модели карбонатных конусов выноса – новых нефтегазопроисходящих объектов // Геология нефти и газа, 2007. - №2. - С. 61-69.

Шишилов С.Б. Структурно-генетический анализ осадочных формаций. - СПб: СПбГГИ, 2010. - 276 с.

Юдин В.В. Орогенез севера Урала и Пай-Хоя. - Екатеринбург: Наука, 1994. - 285 с.

Enkin R.J. A computer program package for analysis and presentation of palaeomagnetic data // Pacific Geoscience Centre, Geol. Survey Canada. – Sidney, 1994. - 16 p.

Kirschvink J.L. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data Geophys.J.Astronom.Soc., 1980. - V.62. - P. 699-718.

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.

Tarling D.H., Hrouda F., 1993. The magnetic anisotropy of rocks. Chapman & Hall, London, p. 217.

Walker R.G. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models of exploration for stratigraphic traps // Bulletin of American Association of Petroleum Geologists. - 62(6), 1978. - P. 932-966.

Zijderveld J.D. Demagnetization of rocks analysis of results. In Methods in Palaeomagnetism, Ed. Collinson D.W., Amsterdam, Elsevier, 1967. - P. 254-286.

Popov V.V., Zhuravlev A.V.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), Saint Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

ANISOTROPY OF VARIOUS MAGNETIC PARAMETERS USE FOR DETERMINING DIRECTIONS OF MATERIAL TRANSFER IN THE STUDY OF TURBIDITE CURRENTS

The carbonate clastic fans are considered as promising objects for oil and gas prospecting targets. Thus reconstruction of the fan morphology, sources and directions is an important practical task. The method for detecting the turbidite currents based on investigation of the anisotropy of susceptibility ellipsoids axes is described. The new model of main axes distribution is developed. Study of 13 objects allows us reconstructing directions of the turbidite currents of the Ural Foredeep for the two time-slices and draw maps demonstrating palaeogeographical position of the carbonate material sources.

Key words: anisotropy, magnetic susceptibility, turbidites, direction of material transfer, paleogeography, reconstruction, fan morphology, Ural Foredeep.

References

Dopolnenie k stratigraficheskomu kodeksu 1992 goda [Supplement to the 1992 Code of stratigraphy]. Saint Petersburg: MSK, 2000.

Enkin R.J. *A computer program package for analysis and presentation of palaeomagnetic data* // Pacific Geoscience Centre, Geol. Survey Canada. Sidney, 1994, 16 p.

Fortunatova N.K. *Sedimentatsionnye modeli karbonatnykh konusov vynosa – novykh neftegazoposkovykh ob"ektov* [Sedimentary model of carbonate clastic fan as new oil and gas prospecting objects]. *Geologiya nefti i gaza*, 2007, no. 2, pp. 61-69.

Igoshin L.A. *Magnitnaya anizotropiya gornykh porod* [Magnetic anisotropy of rocks]. *Ispol'zovanie magnetizma gornykh porod pri geologicheskoy s"emke*. Editor Sholpo L.E. Leningrad: Nedra, 1986, pp. 133-153.

Iosifidi A.G., Khramov A.N. *Sredne- i pozdnepaleozoyskie etapy gorizonta'nykh dvizheniy v Barentsevo-Pechorskoy regione i evolyutsiya ikh vzaimootnosheniy s Russkoy platformoy i Uralom po paleomagnetnym dannym* [The Middle and Late Paleozoic stages of horizontal movements in the Barents-Pechora region and evolution of their relationship with the Russian Platform and the Urals according to the paleomagnetic data]. *Mezhdunarodnaya geofizicheskaya konferentsiya. 300 let gorno-geologicheskoy sluzhbe Rossii* [International Geophysical Conference. 300 Years of Mining and Geological Survey of Russia]. Saint Petersburg, 2000, pp. 22-23.

Khramov A.N. et al. *Paleomagnetologiya* [Paleo-magnetism]. Leningrad: Nedra, 1982, 312 p.

Kirschvink J.L. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data *Geophys.J.Astronom.Soc.*, 1980, vol. 62, pp. 699-718.

Kochegura V.V. *Primenenie paleomagnetnykh metodov pri geologicheskoy s"emke shel'fa* [Application of paleomagnetic techniques for geological mapping of the shelf]. *Metodicheskoe posobie po geologicheskoy s"emke masshtaba 1:50 000*. Saint Petersburg: VSEGEI, 1992, 144 p.

Mizens G.A. *Verkhnepaleozoyskiy flish Zapadnogo Urala* [The Upper Paleozoic flysch of the Western Urals]. Ekaterinburg: UrO RAN, 1997, 231 p.

Piper D.J.W. Turbidite muds and silts on deep sea fans and abyssal plains // *Sedimentation in submarine canyons, fans, and trenches*, 1978, pp. 163-175.

Romanovskiy S.I. *Fizicheskaya sedimentologiya* [Physical sedimentology]. Leningrad: Nedra, 1988, 240 p.

Shishlov S.B. *Strukturno-geneticheskiy analiz osadochnykh formatsiy* [Structural and genetic analysis of sedimentary formations]. Saint Petersburg: SPbGGI, 2010, 276 p.

Sobolev D.B. *Ostrakody i biostratigrafiya turneyskogo yarusa severa Urala* [Ostracoda and biostratigraphy of the Tournaisian stage, northern Urals]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2005, 113 p.

Tarling D.H., Hrouda F., 1993. The magnetic anisotropy of rocks. Chapman & Hall, London, p. 217.

Walker R.G. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models of exploration for stratigraphic traps // *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*. 62(6), 1978, pp. 932-966.

Yudin V.V. *Orogenez severa Urala i Pay-Khoya* [Orogenesis of the northern Urals and Pai-Khoi]. Ekaterinburg: Nauka, 1994, 285 p.

Zijderveld J.D. Demagnetization of rocks analysis of results. In *Methods in Palaeomagnetism*, Ed. Collinson D.W., Amsterdam, Elsevier, 1967, pp. 254-286.