

Особенности строения и формирования высокоуглеродистых комплексов

Т.А.ШАРДАНОВА, Н.П.ФАДЕЕВА, А.Н.ХОМЯК, В.Л.КОСОРУКОВ (Московский государственный университет (МГУ) им. М.В.Ломоносова; 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1)

Рассмотрены вопросы литологической типизации высокоуглеродистых пород смешанного состава – черных сланцев. Выявлены особенности их строения: текстуры, структуры, минеральный состав, содержание органического вещества. Определены седиментационные и постседиментационные факторы, влияющие на их формирование и обстановки формирования разрезов доманикоидного и доманикитного типа.

Ключевые слова: высокоуглеродистая формация, условия и обстановки формирования, Южно-Татарский свод.

Шарданова Татьяна Анатольевна
Фадеева Наталья Петровна
Хомяк Алексей Николаевич
Косоруков Владимир Леонидович



tshardanova@mail.ru
fadeeva_nataly@mail.ru
khomyak.an@yandex.ru
kosorukov-vladimir@rambler.ru

Peculiarities of structure and formation of high-TOC rock series

T.A.TSHARDANOVA, N.P.FADEEVA, A.N.KHOMYAK, V.L.KOSORUKOV

An approach to a lithological classification/typization of black shales (rocks of different lithologies with high TOC content) is discussed in the paper. Peculiarities of their structure, mineral composition, organic matter content are described. Sedimentary and post-sedimentary factors affecting their formation are distinguished and typical gross depositional environments of domanic-type deposits are determined.

Key words: black shales, depositional environments, South-Tatar swell.

В отложениях франско-фаменского возраста позднего девона Волго-Уральского бассейна широко распространены породы смешанного типа, когда «смешиваются» представители класса сапропелитов с классами карбонатолитов, силицитов и глинистых пород. Эта смешанность состава отражает не только первичный состав осадков, аутигенную минерализацию, но и внутреннюю текстуру пород, когда при петрографическом анализе выявляется миллиметровое чередование слоев различного состава и генезиса. Данный комплекс отложений отличается повышенным содержанием углеродистой составляющей и получил название «черносланцевый». Термин «черный сланец» пришел к нам из англоязычной, в основном американской, литературы – как буквальный перевод термина «black shale». Исследователи используют также термины «сапропелевый сланец», «битуминозный сланец», «углеродистый сланец», «богатый органикой сланец», «горючие сланцы», «битуминозные аргиллиты» и др. Я.Э.Юдович определяет «черные сланцы» как «водно-осадочные горные породы, обычно темные, пелитоморфные (по структуре – дополнение авторов) и сланцеватые (тонкослоистые – дополнение авторов), обогащенные сингенетичным ор-

ганическим веществом, преимущественно аквагенного и, отчасти, терригенного типов» [5, с.10]. По мнению С.Г.Неручева, «...большая часть различий, обусловивших их разное наименование и различное использование, обязана значительным *вторичным* изменениям, происходящим при прогрессивном литогенезе..., существенных генетических различий между ними почти не остается, вне зависимости от того, образовались они в архее, протерозое, фанерозое или даже в современную эпоху; они весьма сходны не только в разновозрастных отложениях, но и в самых различных районах мира, на платформах и в геосинклиналях» [2, с. 37].

Цель исследования. Среднефранско-турнейский латеральный формационный ряд включает в себя глинисто-кремнисто-карбонатную битуминозную (доманиковую) формацию. Доманиковая формация широко распространена на территории Волго-Уральского бассейна, а с позднего франа выстилает ложе Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП) и на юге Среднего Предуралья связана с Калининским прогибом этой системы, характеризуя условия относительно глубоководного, незагруженного осадками шельфового пролива. Карбонатная рифогенная формация образует борта и

изолированные массивы внутри ККСП. Обстановки накопления этой формации были достаточно разнообразными, а в целом условия образования верхнедевонско-турнейского латерального формационного ряда – весьма дифференцированными [3].

Авторы данной статьи изучали особенности строения пород доманиковой формации, вскрытых скважинами в пределах Южно-Татарского свода, с целью выявления седиментологических признаков, позволяющих восстановить генезис, условия и место их формирования.

Основы литологической типизации углеродсодержащих пород. Для отложений семилукского и бурежского (речинского, мендымского) горизонтов верхнего девона характерно повышенное содержание органического вещества (ОВ). Их изучение проводится по двум направлениям: литологическому (выявление минеральной составляющей) и геохимическому (определение количества и качества ОВ). Эти два направления не всегда пересекаются, поэтому нередко в работах, посвященных литологической типизации «черных сланцев», выделяются литотипы известняков, кремней, глин и др., без учета сингенетичного органического вещества. При геохимических исследованиях породы подразделяются по концентрации ОВ, без учета минеральной составляющей. Несогласованность не только в терминологии, но и в понимании границ выделяемых типов пород затрудняет работу исследователя, занимающегося изучением подобных комплексов (табл. 1).

Авторы при проведении литологической типизации пород доманиковой толщи предприняли попытку увязать минеральную и органическую составляющие. Для получения корректного результата образцы для петро-

графического, минерального и пиролитического анализов отбирались из одного образца. Эти условия особенно необходимы при изучении тонкослоистых пород, где, как будет показано ниже, отмечается тонкое переслаивание разнородных по составу и генезису слоев.

Необходимо напомнить, что осадочные горные породы отличаются поликомпонентностью и полигенетичностью своих составных частей. В основу их классификации положен вещественный состав и морфологические особенности породных компонентов (ПК), то есть литологический тип породы именуется в соответствии с названием главного ПК, на долю которого приходится свыше 50% объема вещества [6]. Этот же принцип был использован авторами при проведении литологической типизации высокоуглеродистых пород с учетом того, что при изучении органического вещества определена его сингенетичность.

Изучение минерального состава пород выявило три крупные группы: карбонатные (известняки), кремневые и породы смешанного состава (табл. 2). Все эти породы встречаются по всему разрезу доманиковой формации, однако их доля, структурно-текстурные особенности, мощности слоев (слоев) и содержание $C_{орг}$ (вес. %) различаются. Наиболее характерными высокоуглеродистыми породами доманикового комплекса являются тонкослоистые пелитоморфные породы черного, темно-серого цветов с миллиметровой слоистостью, обычно горизонтальной, реже линзовидной. Слоистость («сланцеватость») обусловлена колебанием основных компонентов, слагающих эти породы: сапропелевый материал (кероген); известковый материал, представленный ракушняковым шламом, микритовой примесью, остатками тентакулит; кремневый материал;

1. Типизация углеродсодержащих пород. По данным различных авторов

$C_{орг}$ (вес. %)	Н.Б.Вассоевич, 1968	О.К.Баженова, 2004	Я.Э.Юдович, 1988	В.Н.Шванов, 1998
>25	Каустобиолиты	Собственно сапропелиты	Высокоуглеродистые ($C_{орг} >10\%$)	Идиолитические сапропелиты
10–25	Доманикиты, баженовиты	Доманикиты		Углеродистые ($C_{орг} 3–10\%$)
5–10			Доманикоиды	
2,5–5,0	Умеренно рассеянное ОВ	Субдоманикоиды		Субдоманикоиды
1,0–2,5	Сильно рассеянное органическое вещество		Субдоманикоиды	
0,5–1,0		Сильно рассеянное органическое вещество		Субдоманикоиды
0,1–0,5	Сильно рассеянное органическое вещество	Субдоманикоиды	Субдоманикоиды	Субдоманикоиды

2. Литологическая типизация отложений на примере Южно-Татарского свода

$C_{орг}$ (ТОС) (вес. %)	Карбонатные породы (известняки)	Кремневые породы	Смешанные породы (ритмиты)
≤0,5	Шламовые, микритовые, биокластовые; карбонатная осадочная брекчия		
0,5–5 Углеродистые (доманикоидные)	Биокластовые, шламово-биокластовые, микритовые, биокластовые тентакулитовые	Кремень, радиоляриты	
5–25 Высокоуглеродистые (доманикитные)	Ритмиты известковые	Ритмиты кремнистые, радиоляриты	Ритмиты кремнисто-известковые и известково-кремнистые, глинисто-кремнисто-известковые и глинисто-известково-кремнистые
≥25 Каустобиолиты, сапропелиты (доманикиты)	Известковистые, кремнистые, известковисто-кремнистые, кремнисто-известковистые, глинисто-кремнисто-известковистые		

радиолярии; глинистая примесь. Эта переменчивость обусловлена как седиментационными, так и постседиментационными факторами. Подобные породы авторы отнесли к «ритмитам» (см. табл. 2).

Обстановки осадконакопления углеродсодержащих пород. В результате проведенного литолого-фациального анализа пород доманиковой формации, основанного на изучении вещественного состава, текстурно-структурных особенностей пород, анализа биогенных остатков, анализа типа органического вещества и характера его распределения в породах были выделены следующие обстановки осадконакопления: *склон бортовой части внутришельфовой депрессии, внутришельфовая депрессия*. Отложения, отнесенные авторами к высокоуглеродистой формации, подстилаются и перекрываются комплексом карбонатных пород, представленных тонко-, мелкозернистыми доломитами, органогенно-обломочными известняками, с редкими слоями со строматопороидеями и расслоенными миллиметровыми слоями темно-серых глинисто-известковых, глинистых пород (*отложения карбонатной платформы*).

Склон бортовой части внутришельфовой депрессии. На примере разрезов, вскрытых в пределах Верхне-Горейской и Тлянчи-Тамакской площадей, выявлены основные особенности интервала, формирующегося в этой обстановке и перекрывающего мелководный карбонатный комплекс (рис. 1):

присутствие прослоев осадочной брекчии, где интракласты представлены как остроугольными, так и сглаженными фрагментами однородных, преимущественно пелитоморфных известняков, что указывает на разную степень литификации осадков, вовлеченных в процессы оползания;

резкие неровные, извилистые нижние и верхние контакты прослоев известняков со следами продавливания; среди известняков отмечаются как безуглероди-

стые, так и углеродистые (доманикоидные) разности; содержание $C_{орг}$ колеблется от 0 до 5%;

присутствие прослоев, насыщенных раковинным детритом двустворок, криноидей, остракод, брахиопод, гастропод, тентакулит;

маломощные прослои тонкослоистых глинисто-известковых и известковых пород (ритмитов) с повышенным содержанием органического вещества – $C_{орг}$ колеблется от 5 до 21%, причем количество органического углерода меняется в зависимости от генезиса осадка;

диагенетические карбонатные, кремнисто-карбонатные конкреционные стяжения в высокоуглеродистых ритмитах, которые нередко обуславливают волнистую, линзовидную и конволютную слоистость.

В верхних частях разреза, перекрываемого мелководным карбонатным комплексом, вскрывается комплекс пород, аналогичный нижней части разреза высокоуглеродистой толщи. Они отличаются или отсутствием прослоев осадочных брекчий, или их маломощностью. Однако увеличение прослоев биокластовых известняков с оползневыми контактами и уменьшение доли высокоуглеродистых интервалов тонкослоистых пород позволяет предположить развивающуюся регрессию, приводящую в результате к усилению сноса карбонатного материала с мелководных участков внутрибассейновых поднятий и карбонатной платформы.

Все данные признаки указывают на преобладание в осадочных разрезах этого типа осадков (пород), сформированных кратковременными, катастрофическими гравитационными процессами, проявленными в виде оползания, осыпания и схода гравитационных потоков высокой плотности. Следует обратить внимание на присутствие среди интракластов микритовых известняков с незначительным количеством биокластов. По-видимому, процессу оползания и(или) осыпания подвергались осадки краевой части карбонатной платформы (или внутрибассейновых поднятий), расположенной



Рис. 1. Особенности строения отложений склона бортовой части внутришельфовой депрессии:

а – общий вид керна Тлянчи-Тамакской площади: 1 – глины, алевролитовые глины тиховодного залива, 2 – биоморфные, биокластовые известняки, доломиты карбонатной платформы, 3 – обломочные, биокластовые известняки, карбонатная осадочная брекчия с редкими слоями высокоуглеродистых (доманикитных) пород и кремнисто-известковыми конкрециями; *б* – осадочная брекчия; *в* – невыдержанные маломощные слои высокоуглеродистых пород, подчеркивающие неровные границы известняков; *г* – диагенетические известковые стяжения

ниже волнового базиса. Присутствие в разрезе слоев известняков, насыщенных биокластами, связано, вероятно, с выносом известкового ила гравитационными потоками, спровоцированными крупными штормовыми процессами. В меньшей степени в этом интервале встречаются темно-серые до черного цвета пелитоморфные породы с повышенным содержанием органического вещества. Однако это позволяет предположить, что на данном этапе уже формировалась впадина с накоплением фоновых сапропелевых илов, формирование которых происходило ниже волнового и, возможно, штормового базиса. Выше по разрезу отмечается смена отложений, связанных с оползневыми и осыпными процессами, осадками, сформированными плотностными гравитационными потоками. Увеличивается доля высокоуглеродистых пород в разрезе, а также отмечается повышение C_{org} в биокластовых известняках (вероятно, за счет захвата сапропелевых фоновых илов гравитационными потоками). Необходимо подчеркнуть, что если в отложениях гравитационного сноса в нижней части разреза отмечены только остатки мелководного бентоса, то выше наряду с ними встречаются и остатки тентакулит, характерных для фоновой седиментации, что указывает на их переотложение. В основании интервала, выделенного как отложения склона внутришельфовой депрессии, для которых характерны оползневые и гравитационные процессы, среди тентакулитовых из-

вестняков выделяется маломощный слой сапропелита с примесью вулканокластики. Можно предположить, что примесь пирокластики маркирует этап вулканической и тектонической активизации, что, по-видимому, и явилось причиной усиления гравитационных процессов (возможно, это связано с изменением уровня моря или увеличением крутизны склона).

Внутришельфовая депрессия. Среди отложений внутришельфовой депрессии на данном этапе исследований можно выделить два типа разрезов:

1. Комплекс высокоуглеродистых (доманикитных) кремнисто-известковых и известково-кремнистых пород, преимущественно тентакулитовых.
2. Комплекс высокоуглеродистых (доманикитных) кремнисто-известковых и известково-кремнистых пород, преимущественно тентакулит-радиоляриевых с примесью и прослоями вулканомиктового материала.

Комплекс высокоуглеродистых (доманикитных) кремнисто-известковых и известково-кремнистых пород, преимущественно тентакулитовых.

Подобный характер разреза вскрыт в пределах северного и северо-восточного склонов Южно-Татарского свода (Тлянчи-Тамакская площадь) (рис. 2). Для этой части разреза характерны:

тонкослоистые породы с миллиметровой слоистостью, обычно горизонтальной, реже линзовидной. Слоистость обусловлена колебаниями основных ком-



Рис. 2. Керн высокоуглеродистых пород Тлянчи-Тамакской площади:

а – общий вид; б – чередование кремнистых и карбонатных пород; в – чередование пород с разным содержанием $C_{орг}$

понентов, слагающих эти породы: сапропелевый материал, известковый материал, представленный шламом, микритовой примесью, остатки тентакулит, кремневый материал, глинистая примесь;

отмечается резкое сокращение прослоев биокластовых (с остатками двустворок, криноидей) и микритовых известняков. Границы известняков резкие неровные. Нередко отмечается градационная слоистость, выраженная в изменении размера и количества детрита, и увеличение глинисто-сапропель-известкового матрикса;

значительное содержание остатков тентакулит, рассеянных и сгруппированных в маломощные слойки. Встречаются слойки как с цельнораковинными остатками, так и с их обломками;

увеличение прослоев кремнистых пород с афанитовой структурой, не слоистых или с сохранением реликтовой текстуры, подчеркнутой распределением органических остатков, среди которых преобладают тентакулиты. Мощности прослоев от 1 до 12 см. Границы резкие как ровные, так и неровные;

увеличение прослоев и интервалов с повышенным содержанием органического вещества – весовое содержание его достигает в отдельных образцах 40%.

Прослои подобного состава и строения характерны и для обстановок склона, где они чередуются с полидетритовыми известняками как безуглеродистыми, так и углеродистыми. Кремнеобразование связано, в первую очередь, с вторичным окремнением осадков на стадии диагенеза. Эти процессы вызваны, вероятно, высокой концентрацией кремнекислоты в придонной и иловой воде.

Высокоуглеродистые (доманикитные) кремнисто-известковые и глинисто-известково-кремнистые породы преимущественно тентакулит-радиоляриевые с примесью и прослоями вулканомиктового материала.

Подобный характер разреза вскрыт в пределах Березовской и Азнакаевской площадей, расположенных на западном и восточном склонах Южно-Татарского свода. Основным отличием этого комплекса от описанного выше является:

заметное увеличение радиолярий, содержание которых колеблется от нескольких процентов до 30–40%, с образованием прослоев радиоляритов;

значительное содержание в разрезе слойков, насыщенных вулканокластикой;

в верхней части вскрытого разреза в пелитоморфных осадках с радиоляриями встречаются фрагменты и микролинзы криптозернистых известняков (микритов). Ассоциация кремневого зоопланктона, ракушнякового известкового детрита и фрагментов микритовых известняков связана, по-видимому, с процессами перетложения материала со склонов впадины на стадии регрессии или тектонической активизации.

Этот тип депрессионного разреза характерен для верхней части разреза. Источником кремнезема могли быть, вероятно, не только воды Мирового океана, но и организмы кремнеаккумуляторы, такие как радиолярии, а также процессы вулканизма и подводной разгрузки насыщенных кремнеземом горячих эндогенных гидротерм. Следы синхронного вулканизма были отмечены (редко) в нижней части высокоуглеродистой толщи в пределах северного склона Южно-Татарского

свода и в верхней половине изученных разрезов на его западных и восточных склонах. Содержание кремниескислоты значительно превышало ее обычное содержание в позднедевонских морях и действовало угнетающе на придонную фауну. В отличие от первого во втором преобладает планктоногенный тип седиментации (фито- и кремневый зоопланктон).

Наиболее характерными породами для этих разрезов являются ритмы *высокоуглеродистые (доманикитные)*. По результатам петрографического анализа, а также с учетом минерального и пиролитического анализа, высокоуглеродистые ритмы подразделяются на: известковые, кремнистые и смешанного состава (кремнисто-известковые, известково-кремнистые, глинисто-кремнисто-известковые, глинисто-известково-кремнистые). Текстура в образце горизонтальная, подчеркнута цветом и составом пород. Волнистая и линзовидно-волнистая слоистость обусловлена обычно

ростом диагенетических стяжений. Мощности слоев 1–2 мм. В ритмах выделяются следующие типы слоев:

а) известковые биоморфные тентакулитовые. Содержание остатков более 50%, раковины сложены волокнистым кальцитом, не деформированы за счет ранней карбонатизации. Цемент представлен как агрегатом ясно зернистого кальцита, так и углеродисто (кероген)-известковой пелитоморфной массой (рис. 3, а–б); в отдельных случаях стенки тентакулит окремнелые;

б) слои, насыщенные биокластами и (или) шламовым известковым материалом, преимущественно фрагментами тентакулит, преобладает пелитоморфный углеродисто-известковый матрикс. Цельнораковинные формы обычно деформированы, уплощены (см. рис. 3, в–г);

в) кремневые с реликтовой биоморфной структурой. Биогенных остатков до 50%, представленных, преиму-

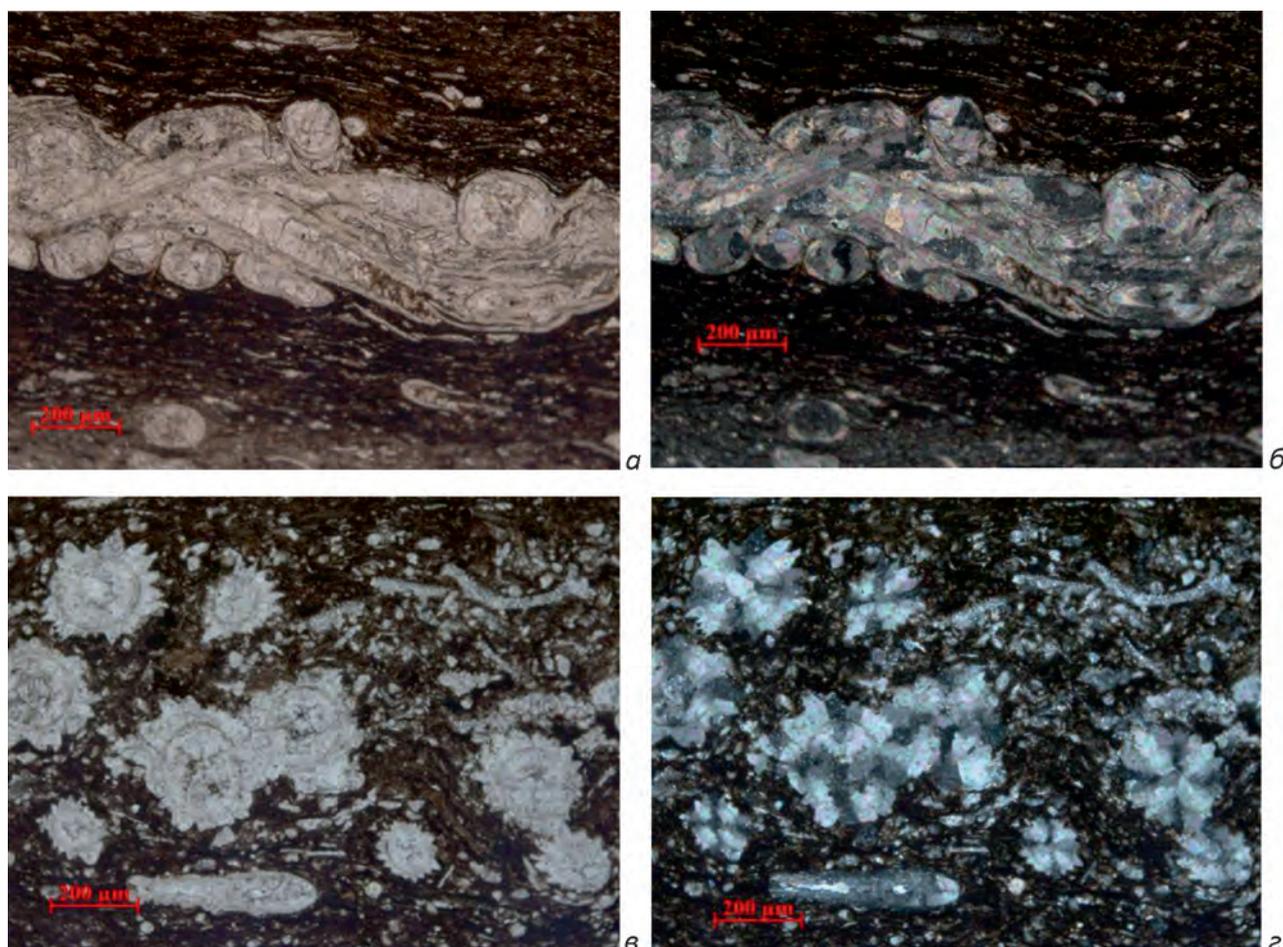


Рис. 3. Ритмы известковые высокоуглеродистые с цельнораковинными остатками тентакулит (а, б) и биокласт-шламовой примесью (в, г):

николи: параллельные (а, в) и скрещенные (б, г)

щественно, тентакулитами, замещенные халцедоном (рис. 4, *а–д*). Раковины не деформированы, вероятно, за счет раннего окремнения. Цементирующая масса криптозернистая углеродисто-кремнистая. Внутрираковинное пространство выполнено халцедоном с тонкофибровой структурой. Нередко имеет зональное строение от стенки к центру: халцедон с радиально лучистой структурой – кварц с гранобластовой структурой. В полостях тентакулит, выполненных волокнистым халцедоном, отмечается ОВ, в отличие от участков, залеченных кварцем с гранобластовой структурой (обычно в центре полости). Пустотное пространство приурочено также к участкам с волокнистым халцедоном как в тентакулитах, так и в трещинах;

г) кремневые с реликтовой биоморфной структурой. Биогенных остатков, представленных преимущественно радиоляриями, до 50%. Мощности кремнистых слоев радиоляритов или содержащих радиолярии 1–5 мм. Размер радиолярий 0,05–0,1 мм. Скелеты выполнены халцедоном. Нередко деформированы и частично растворены. Внутри скелетное пространство обычно выполнено органическим веществом или халцедоном. В отдельных случаях радиолярии замещены карбонатом или в значительной степени растворены с сохранением внутри скелетного карбонатного «ядра» (см. рис. 4, *е*).

д) кремневые, с преобладанием криптозернистой кварц-халцедоновой и(или) углеродисто-кремневой массой. Содержание биогенных остатков, представленных

преимущественно тентакулитами или радиоляриями, сложенными волокнистым халцедоном – 5–10%. Текстура как тонкослоистая, унаследованная, обусловленная распределением органогенных остатков, так и неслоистая;

е) вышеперечисленные слойки разделены интервалами с преобладанием керогеновой (сапропелевой) массы;

ж) встречаются маломощные линзы и слойки, обогащенные пирокластикой. Мощности последних преимущественно 0,5 мм. Выделяются кристаллы полевых шпатов (плагиоклазов) не окатанных, остроугольной формы, размер 0,1–0,2 мм, нередко замещенных кальцитом или сильно пелитизированных. Матриком является обычно бесструктурный, изотропный материал, вероятно, вулканическое стекло сильно измененное, реже криптозернистая кварц-халцедонозная масса. В более мощных прослоях крупные обломки сконцентрированы в нижней части, верхняя замещена монтмориллонитом, вероятно, развивающимся по вулканическому стеклу.

Таким образом, известковистая часть представлена как цельнораковинными формами, обычно деформированными (уплощенными), так и их обломками; известковым микритовым и шламовым материалом. В кремневых слойках как основная масса, так и биогенные компоненты замещены криптозернистой кварц-халцедонозной массой в первом случае, также и волокнистым халцедоном, выполняющим полости раковин.

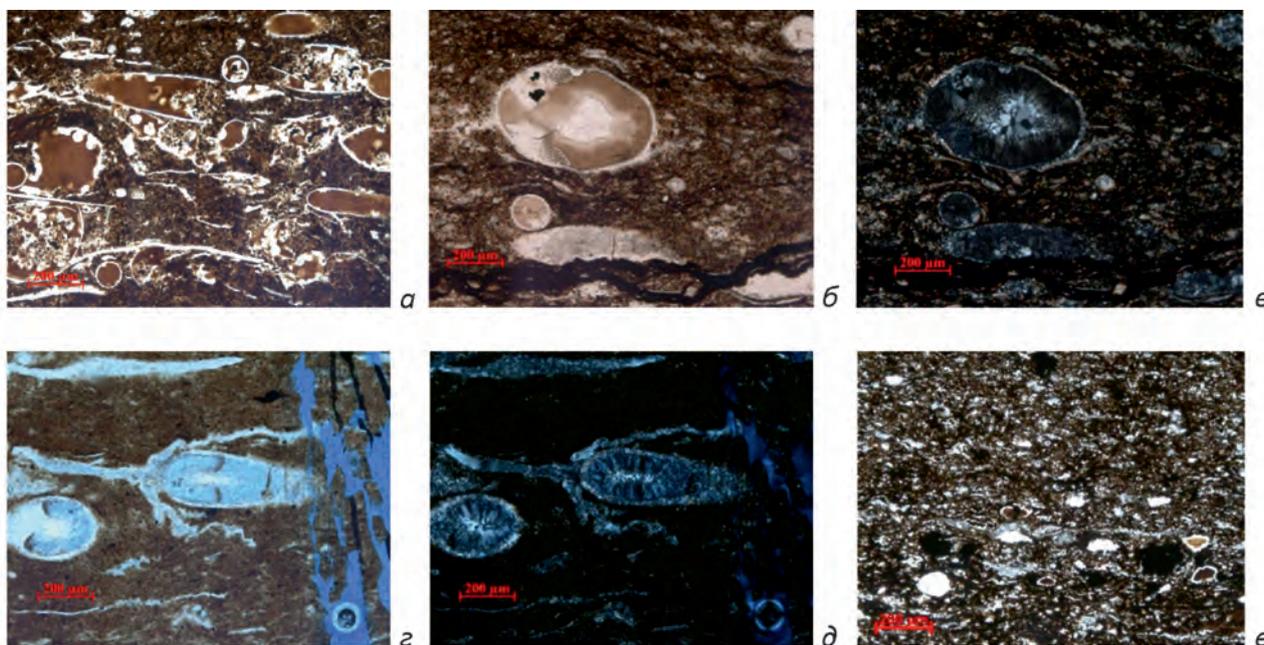


Рис. 4. Ритмы кремневые высокоуглеродистые с цельнораковинными остатками тентакулит (*а–д*) и радиолярий (*е*):

николи: параллельные (*а, б, г, е*) и скрещенные (*в, д*)

Органическая составляющая представлена сапропелевым материалом, встречаются вытянутые и изометричные фрагменты без структурного материала бурого, красно-бурого цвета. По результатам рентгено-фазового анализа (РФА) соотношение карбонатных минералов (преимущественно кальцита) и кремнезема колеблется от 32–63% до 26–71% (проценты рассчитаны без учета органического материала). В известковых и известково-кремнистых разностях содержание глинистых минералов не более 5%. В глинисто-кремнисто-известковых разностях содержание глинистых минералов: кальцита: кремнезема колеблется, соответственно, 10–22:12–56:10–30%. По данным РФА среди глинистых минералов преобладает смешаннослойный слюда–сметит, неупорядоченный, с соотношением пакетов слюды и смектита от 85:15 до 65:35%.

Для разреза характерно значительное содержание известковых стяжений размером от 1×2 см до 1,5×6 см. Границы стяжений неровные извилистые. Стяжения нередко линзовидного характера. За счет роста стяжений создается макро линзовидно-волнистая текстура, а

вмещающие тонкослоистые породы (ритмиты) окаймляют и изгибаются согласно форме стяжений. Формирование стяжений на стадии диагенеза подтверждается также формированием диагенетических «угловых несогласий», когда в стяжениях сохраняется первичная горизонтальная слоистость.

Породы сильнотрещиноваты. Выделяются: а) субгоризонтальные, параллельно слоистости как мелкие непротяженные (до 1,5 мм), так и протяженные трещины, шириной до 0,4 мм, залеченные тонковолокнистым халцедоном; б) субвертикальные (ширина до 0,05 мм) и субгоризонтальные трещины (ширина до 0,3 мм), залеченные крупнокристаллическим кальцитом; г) система трещин открытых субвертикальных, а также микростилолитовые швы, шириной от 0,05 до 0,4 мм, нередко заполненные керогеном.

По материалам статьи можно сделать следующие выводы. На этапе формирования высокоуглеродистых осадков выделяются два основных процесса:

1. «Фоновый», преимущественно биогенный, с медленными темпами седиментации сапропелевого и

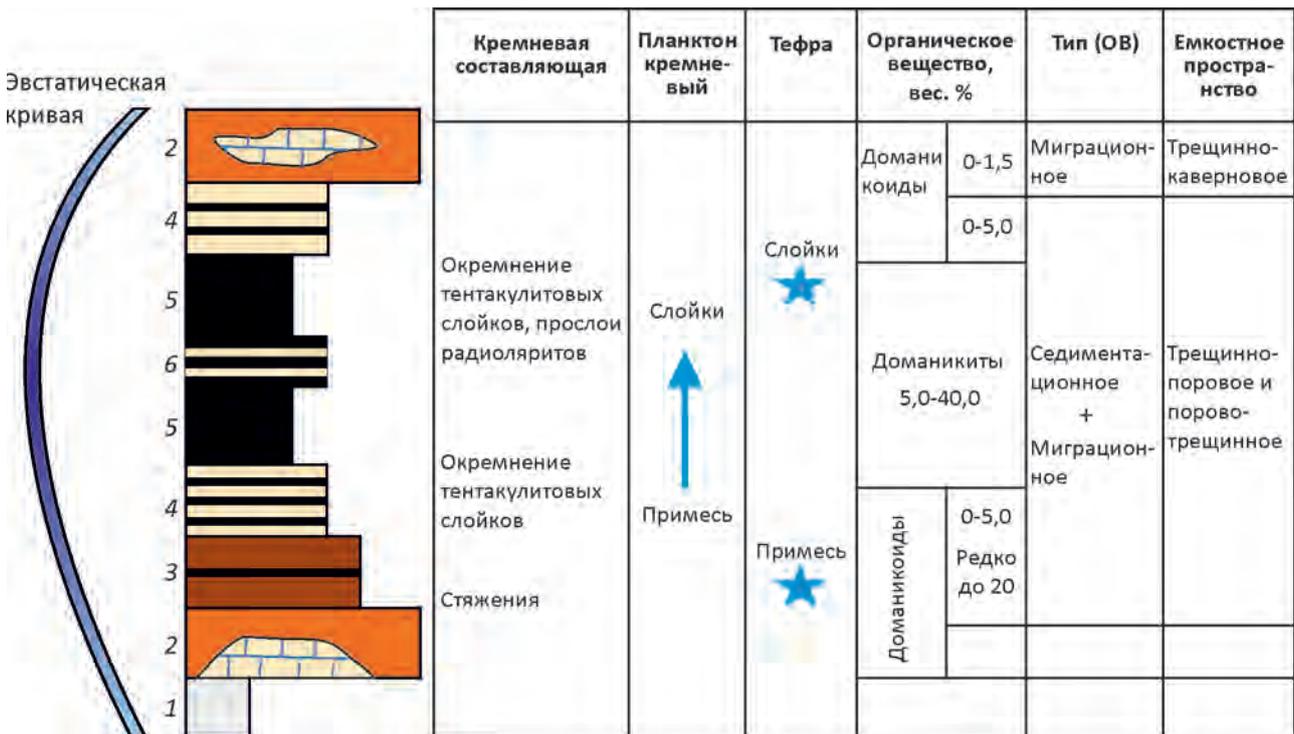
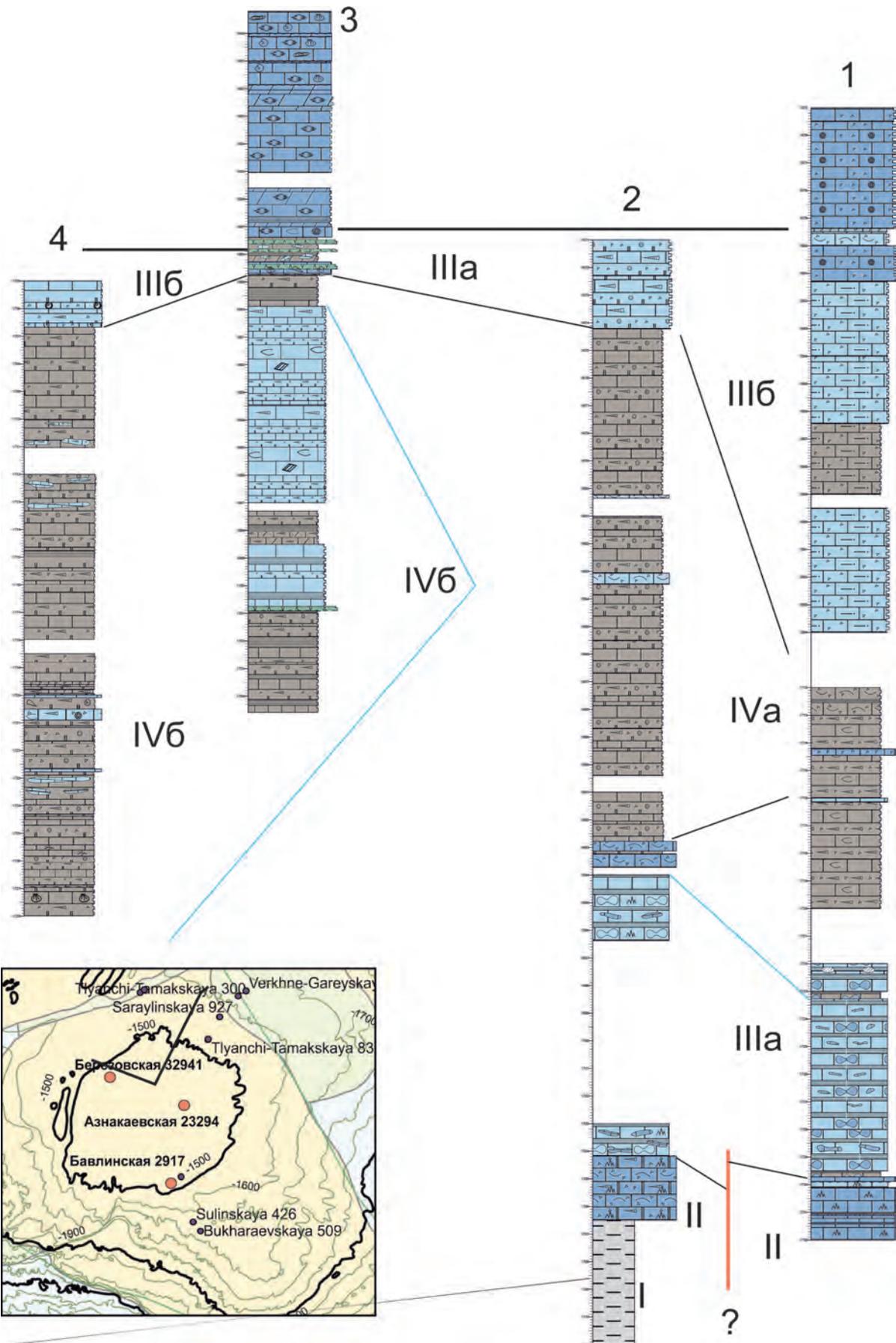


Рис. 5. Обобщенный разрез доманикувской формации. Составлен по результатам изучения отложений, вскрытых в разрезах скважин Верхне-Горейской, Тлянчи-Тамакской, Березовской и Азнакаевской площадей в пределах Южно-Татарского свода:

цифры на колонке: 1 – глины, алевритистые глины тиховодного залива; 2 – биоморфные, биокластовые известняки, доломиты карбонатной платформы; 3–4 – отложения склона депрессии: 3 – обломочные, биокластовые известняки, осадочные брекчии с редкими слоями высокоуглеродистых пород, 4 – переслаивание биокластовых, микритовых известняков углеродистых и высокоуглеродистых пород (ритмитов), преимущественно известкового состава; 5–6 – отложения депрессии, высокоуглеродистые породы смешанного состава с редкими прослоями биокластовых известняков углеродистых, преимущественно тентакулитовых, в верхней части со слоями радиоляритов



зоопланктонного (тентакулитового и радиоляриевого), в меньшей степени глинистого материала (в среднем около 5%). Обилие органического материала, пассивная динамика придонных вод являлись причиной анаэробной обстановки иловых, периодически и придонных вод. Вероятно, в этот период могла происходить массовая гибель планктоногенных тентакулит, обитавших в придонных водах. Этот процесс преобладает в центральных частях депрессий, где роль привноса эдафогенного материала с мелководных участков незначительна. Расцвет кремневого планктона, вероятно, связан с увеличением кремниескислоты, поставляемой в бассейн гидротермами и вулканизмом.

2. Катастрофический вынос гравитационными процессами карбонатного материала с внутривысокоуглеродистой платформы, спровоцированный штормовыми процессами. После накопления этих осадков создавались благоприятные аэробные условия для заселения дна бентосными организмами. Присутствие в разрезах карбонатного склона и его подножья линз и слоев обломочных известняков является обычным признаком древних эпейрогенических окраин. Формирование их связывают как с гравитационными потоками разной плотности, так и с деятельностью крупных штормов.

Соотношения этих процессов седиментации определяются как удаленностью изучаемых разрезов от точки перегиба склона, так и тектоническим и эвстатическим режимами.

По результатам литолого-фациального анализа снизу вверх выявлена смена обстановок: *тиховодный залив*–

карбонатная платформа (прибрежно-морская обстановка)–склон бортовой части внутришельфовой депрессии–внутришельфовая депрессия–склон бортовой части внутришельфовой депрессии–карбонатная платформа. Разрез имеет трансгрессивно-регрессивный характер (рисунки 5 и 6).

В формирующейся впадине с расчлененным рельефом осадконакопление происходило ниже волнового и, вероятно, штормового базиса, не глубже 200 метров. Можно предположить, что в начале накопления отложенный «доманиковский» комплекс произошла структурная перестройка территории и формирование депрессии, что спровоцировало гравитационные процессы на ее склонах. Для преобладающего «фоновый» типа осадконакопления в бассейне седиментации характерны низкие темпы седиментации (некомпенсированный прогиб) сапропелевого материала. Геохимическая обстановка в придонных и иловых водах благоприятна для консервации органического вещества. Значительное содержание пирита и органического вещества в осадках указывает на восстановительный характер иловых вод.

Однако присутствие в разрезе как бентосных, так и преимущественно планктоногенных остатков позволяет предположить неустойчивое положение окислительно-восстановительного барьера относительно уровня дна бассейна.

Этот тип седиментации периодически прерывается сносом с обрамляющих поднятий (карбонатной платформы) известковой мути, планктоногенных и бентосных остатков. Объем сносимого гравитационными процессами материала разный и проявляется как в

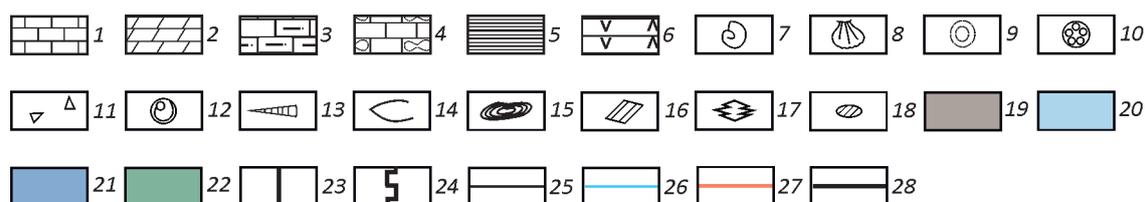


Рис. 6. Схема сопоставления разрезов доманиковой формации. Составлена по результатам изучения разрезов скважин Верхне-Горейской (1), Тлянчи-Тамакской (2), Азнакаевской (3) и Березовской (4) площадей Южно-Татарского свода:

породы: 1 – известняк, 2 – доломит, 3 – известняк алевритистый, 4 – известняк обломочный, 5 – глины, 6 – вулканокластита; *биогеогенные компоненты:* 7 – аммониты, 8 – двустворки, 9 – радиолярии, 10 – криноидеи, 11 – биогеогенный шлам, 12 – водоросли, 13 – тентакулиты, 14 – остракоды, 15 – строматолиты, 16 – трудноопределимые остатки фауны; *вторичные изменения:* 17 – каверны, 18 – окремнение; *преобладание пород:* 19 – высокоуглеродистых, 20 – карбонатных углеродистых и 21 – карбонатных, 22 – примесь пирокластического материала; *границы:* 23 – грубое переслаивание, 24 – ритм, тонкое переслаивание слоев глинистого, известкового и кремневого составов; 25 – границы макрофаций; 26 – фаши; 27 – разломы; 28 – линия профиля; *цифры на колонке:* I – глины, алевритистые глины тиховодного залива, II – биоморфные, биокластовые известняки, доломиты карбонатной платформы, III – углеродисто-карбонатные отложения склона депрессии, IIIa – обломочные, биокластовые известняки, осадочные брекчии с редкими слойками высокоуглеродистых пород, IIIb – переслаивание биокластовых, микритовых известняков углеродистых и высокоуглеродистых пород (ритмитов), преимущественно известкового состава, IV – высокоуглеродистые отложения смешанного состава депрессии, IVa – высокоуглеродистые породы смешанного состава с преобладанием планктоногенных остатков известкового состава (тентакулит), IVb – высокоуглеродистые породы смешанного состава с планктоногенными остатками известкового (тентакулит) состава и кремневыми остатками (радиоляриями)

виде шламовой ракушняковой примеси, так и в виде формирования миллиметровых известковых линз и слойков или в виде прослоев биокластовых известняков толщиной до 20 см. Можно предположить, что увеличение периодов с преобладанием «фоновой» садки высокоуглеродистых пелитоморфных осадков связано с трансгрессией (или тектоническим погружением впадины) и, соответственно, увеличением расстояния от поднятия, откуда привносился шламовый и микритовый известковый материал.

В заключение следует отметить, что на формирование высокоуглеродистого комплекса оказывало влияние две группы факторов: седиментационные и постседиментационные. К первой группе относятся биогенные процессы, проявляющиеся в осаждении сапропелевых, известковых (тентакулитовые) и кремневых (радиоляриевые) илов. Высокая биопродуктивность приводила к накоплению высокоуглеродистых осадков разного состава, от чистых сапропелевых до известковых и кремнистых, с преобладанием смешанных сапропель-известковых, глинисто-сапропель-известковых, сапропель-кремнистых и сапропель-кремнисто-известковых. Геохимическая обстановка в придонных и иловых водах и низкие темпы седиментации были благоприятны для консервации органического вещества.

Более высокие темпы седиментации в краевых частях депрессий обусловлены механогенными процессами – привносом преимущественно известкового

материала гравитационными потоками с обрамляющих поднятий и переотложением планктоногенных сапропелевых илов. К постседиментационным процессам относятся процессы раннего окремнения и карбонатизации. Сочетание вышеперечисленных процессов обуславливает формирование различных типов разрезов высокоуглеродистых комплексов в разных частях бассейнов: в краевых – доманикоидного, в центральных – доманикитного типов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геология и геохимия нефти и газа* / О.К.Баженова, Ю.К.Бурлин, Б.А.Соколов, В.Е.Хаин. – М.: Изд-во МГУ, 2004.
2. *Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли.* – С-Пб: ВНИГРИ, 2007.
3. *Поисковые критерии нефти и газа в доманиковых отложениях Волго-Уральского бассейна* / А.В.Ступакова, Н.П.Фадеева, Г.А.Калмыков и др. // *Георесурсы.* 2015. № 2(61). С. 77–86.
4. *Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов* / В.Н.Шванов, В.Т.Фролов, Э.И.Сергеева и др. – С-Пб: Недра, 1998.
5. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимия черных сланцев.* – Л.: Наука, 1988.
6. *Япаскурт О.В. Литология.* – М.: Изд. центр «Академия», 2008.