

О влиянии литологического состава горючих сланцев Волжского сланценосного бассейна на их технологические параметры

- Илясов В.С., ООО «НьюТек Сервисез», г. Москва
- Староверов В.Н., Воробьева Е.В. АО «Нижеволжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики» г.Саратов

Статья посвящена проблеме освоения горючих сланцев Волжского бассейна. Рассмотрены основные свойства литотипов горючих сланцев, а также их технологические параметры. На основе этих данных были сделаны выводы о влиянии свойств литотипов горючих сланцев (ГС) на их качество. Наибольшее влияние оказывает содержание органического вещества (ОВ), Сор_г, в котором ведущая роль отводится коллоальгину, а также низкое содержание глинистой и алевроитовой составляющей, высокие значения HI (>1000), низкое содержание SiO₂ и Al₂O₃.

Средневолжская сланценосная толща привлекает внимание многих исследователей в качестве возможного нового источника углеводородов. В подобных исследованиях ставятся задачи выяснения общих закономерностей формирования Волжского морского бассейна Русской плиты, реконструкции условий накопления высоких концентраций органического вещества, а также определение геохимической специализации среды осадконакопления. С другой стороны, многочисленные работы посвящены решению задач, связанных с качественной оценкой сырья и разработкой методов рациональной добычи горючих сланцев. При разработке различных видов каустобиолитов весьма актуальной является проблема выяснения зависимостей качества полезных ископаемых от седиментологических особенностей пород и палеогеографических условий их образования.

Цель данной работы заключается в установлении закономерностей влияния литологических и биотических компонентов углеродистых отложений на технологические параметры горючих сланцев.

Как известно, горючий сланец – это комплексное органо-минеральное полезное ископаемое. Промышленную ценность представляют как ОВ, так и мине-

ральная масса сланцев. На их основе может быть организовано производство значительного ассортимента топливных и химических продуктов, а также разнообразных материалов строительной индустрии. К числу наиболее важных параметров, определяющих качество сырья, относятся: теплота сгорания, зольность, выход жидких и газообразных углеводородов [2].

В строении разрезов верхнеюрской сланценосной толщи в пределах изученной территории выделяются три сланценосных горизонта, которые отличаются количеством продуктивных пластов и своей практической значимостью. Девять пластов горючих сланцев характеризуются невыдержанностью по латерали и нестабильностью своего качества. Верхний сланценосный горизонт наиболее перспективен для разработки. Горизонт состоит из шести сложно построенных продуктивных пластов (I – VI), из которых максимальный практический интерес представляют горючие сланцы первого и четвертого пласта. В составе среднего сланценосного горизонта выделяется VII пласт, разделяющийся на три пачки, две из которых не имеют практического значения ввиду невыдержанности по площади, а также из-за фациальных замещений сапропелевыми глинами и

невысоких качественных показателей. Нижний сланценосный горизонт отличается локальным характером распространения. В его составе выделяются два пласта ГС (VIII и IX) с весьма невыдержанным качеством как по площади, так и в разрезе.

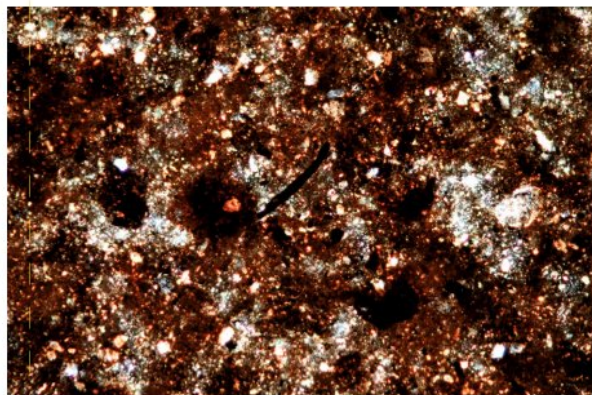
Таким образом, рассматриваемая сланценосная толща очень неоднородна по своему строению и качеству сырья потенциально продуктивных пластов. В целом наблюдается тренд ухудшения их промышленной значимости вниз по разрезу. В зависимости от технологических параметров и особенностей вещественного состава выделяются [4] три основных литотипа ГС: «бедные»; «богатые» коллоальгинитовые известковисто-глинистые; «богатые» коллоальгинитовые

известковистые. Качественная характеристика основных породообразующих компонентов, а также количественные изменения основных технологических показателей указанных литотипов приведены в таблице 1.

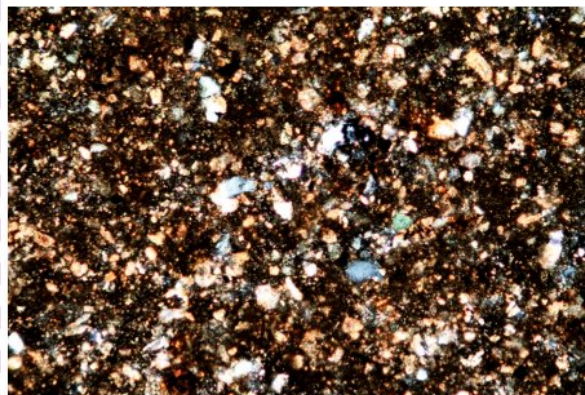
Литотип № 1 обладает самой низкой теплотой сгорания (1767 – 1867 ккал/кг) и самой высокой зольностью (60 – 65%) (Рис № 1,2).

Литотип № 2 обладает большим разбросом теплоты сгорания (1482 – 2982 ккал/кг), зольность так же остается довольно высокой (50 – 70%). (Рис № 3,4).

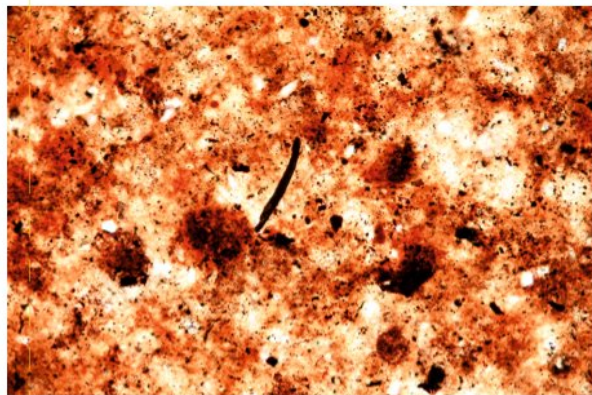
Литотип № 3 характеризуется максимальными показаниями теплоты сгорания (2900 – 3300 ккал/кг) и минимальной зольностью (40 – 45%). (Рис № 5,6).



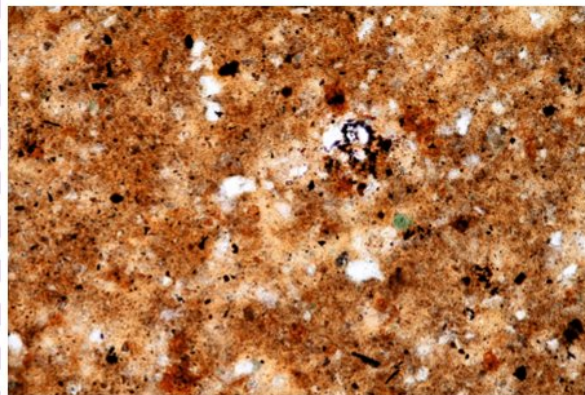
▲ Рис. 1. Шлиф ник.+ Литотип № 1, пласт № 0 Коцебинское месторождение Ув. 100х, Микроскоп AXIOLABA1 pol.



▲ Рис. 3. Шлиф ник.+ Литотип № 2, пласт № 3 Коцебинское месторождение Ув. 100х, Микроскоп AXIOLABA1 pol



▲ Рис. 2. Шлиф ник. || Литотип № 1, пласт № 0 Коцебинское месторождение Ув. 100х Микроскоп AXIOLABA1 pol.



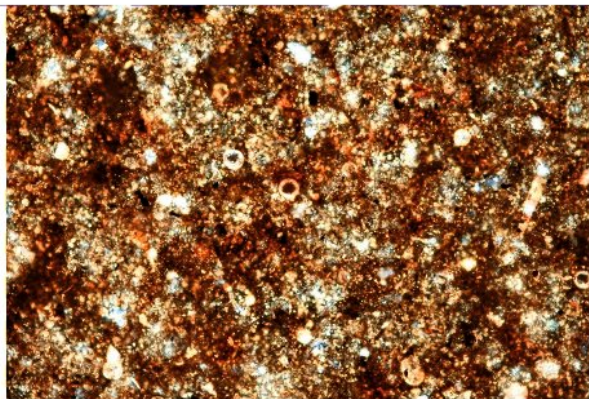
▲ Рис. 4. шлиф ник. || Литотип № 2, пласт № 3 Коцебинское месторождение Ув. 100х, Микроскоп AXIOLABA1 pol

Табл. 1. Параметры литотипов горючих сланцев (продолжение).

Свойства литотипа	Литотип № 1 Горючие сланцы «бедные» Коцебинское м-е Пласт № 0, № 3 Перелюбское м-е Пласт № 2,6,7,8,9 Орловское м-е Пласт № 1,2,3 Кашпир-Хвалынская площадь Пласт № 2,3,4,5,6 Озинковское м-е Пласт № 1,2,3,5,7 Савельевское м-е пласт № 1,2,3,4	Литотип № 2 Горючие сланцы «богатые» коллоальгинитовые известковисто-глинистые Коцебинское м-е Пласт № 2,3,5 Перелюбское м-е пласт № 3,4,5 Орловское м-е Кашпир-Хвалынская площадь пласт №1 Озинковское м-е Савельевское м-е пласт № 5	Литотип № 3 Горючие сланцы «богатые» коллоальгинитовые известковые Коцебинское м-е Пласт № 1, Перелюбское м-е пласт № 1 Орловское м-е Кашпир-Хвалынская площадь Озинковское м-е Пласт № 4,6 Савельевское м-е № 5,6
Цвет	Темно-серый с коричневатыми, коричневатозелеными оттенками	Серо-коричневый, серый, коричневатосерый, серый с желтоватым оттенком	Коричневато-желтый, желтокоричневый, светло-коричневый
Текстура	Тонкослоистая, связанная с неравномерным распределением ОВ	Тонкослоистая, отдельность плитчатая. Связана с изменением оттенка окраски и насыщенности слоев известковыми компонентами – кокколитами, либо ОВ	Изменяется от линзовидной и косослоистой, выраженной в изменении окраски слоев, до почти массивной
Структура	Микролинзовая (переслаивание микролинз коллоальгинита и глинистых частиц)	Микролинзовая (чередования линз чистого прозрачного коллоальгинита, смешанного с глинистым веществом и светлых микролинз скоплений кокколитов)	Завуалированная микролинзовая структура (обусловлена однородностью прилегающий друг к другу микролинз сложенных прозрачным коллоальгинитом)
Тип ОВ	Сапропелевый	Сапропелевый	Сапропелевый
Содержание ОВ (%)	15 – 30	25 – 40	35 – 60
С _{орг} (%)	17 – 19	17 – 22	27 – 29
Породообразующие компоненты			
Коллоальгинит (КА)	30 – 40% Окраска неоднородная желтая, темно-бурая, красно-бурая, коричневатобурая. Чередование мелких слабо уплотненных несколько окисленных линз КА с глинисто-кокколитовым и алевритовым материалом. Степень окисленности высокая.	25 – 50% Окраска светло-желтая, однородная. Отличается однородным характером микролинз. В микролинзах КА смешан с крупными ориентированными КК, в меньшей мере с глинистым веществом, сохранность хорошая. Степень окисленности средняя.	50 – 70% Светло-желтый, прозрачный, образует крупные и мелкие сливающиеся микролинзы. Форма микролинз нередко нарушена разрастающимися кристаллами кальцита. Степень окисленности низкая. Встречается таллоальгинит.

Кокколиты (КК)	5 – 10% Очень плохая сохранность, декарбонатизированы, частично замещены глинистым веществом. Кокколиты < 0,1 мм.	30 – 40% имеют максимальную величину при наличии мелких экземпляров. Обладают радиально-пластинчатым строением. Кокколиты 0,015 – 0,1 мм.	15 – 20% Разной сохранности, рассеяны в массе КА, ориентированы беспорядочно, самостоятельные микролинзовые скопления образуют редко, в значительной мере замещаются кристаллами кальцита. Кокколиты < 0,005 мм.
Глинистое вещество	30 – 70% смешано с КА и КК, но часто образует самостоятельные микролинзовые скопления. Преобладает иллит (до 60%), значительное количество смектита (до 25%), примесь хлорита, галлуазита и смешано-слоистых фаз.	20 – 50% в виде самостоятельной фазы не диагностируются, смешаны с КК и КА. Свежий иллит (>50%), хлорит и смектит отмечены в виде примесей.	10 – 20% находится в тесных сростках с КК и КА. Выделяется: иллит, смектит, смешано-слоистые образования. В качестве вспомогательного элемента выделяется аутигенный каолинит.
Алевритовый материал	5 – 20 % Вследствие выщелачивания, растворена значительная часть кальцита. Так же выделяется кварц (17 – 40%), полевые шпаты (4 – 11%), слюда (до 2%), обломки пород (0,9%), хлорит (0,2 %).	5 – 10% увеличивается примесь частиц вулканического стекла. Кварц 85%, полевые шпаты 15%.	1 – 2 % кварц (85%), полевые шпаты (12%), кальцит (10%), обломки пород (2,2 %), мусковит (0,2 %)
Аутигенные минералы (Тяжелые минералы)	Общее содержание тяжелой фракции 0,77% Пирит 74,2%, фосфаты 16,8 %, циркон 1,7 %, Сфалерит 3,6 %,	Общее содержание тяжелой фракции 0,47% Черные рудные – 2,7%; Циркон – 3,4%; Пирит – 64,2 %; Лимонит – 4,3 %; Глауконит – 1,1 %; Фосфаты – 14,6 %	Общее содержание тяжелой фракции 0,37 %; Циркон – 1,2 %; Пирит – 51,9 %; Глауконит 44,7%
Коэффициент ароматичности	0,05 – 0,1	0 – 0,05	0
Породообразующие окислы (%)	SiO ₂ -29,26; Al ₂ O ₃ – 9,35; CaO – 10,71; Fe ₂ O ₃ – 3,4	SiO ₂ -32,09; Al ₂ O ₃ – 11,39; CaO – 10,66; Fe ₂ O ₃ – 3,44	SiO ₂ -15,25; Al ₂ O ₃ – 3,84; CaO – 15,39; Fe ₂ O ₃ – 2,835
Биофильные элементы (%)	P ₂ O ₅ – 0,53; SO ₃ – 0,20; S – 3,4;	P ₂ O ₅ – 0,47; SO ₃ – 0,25; S – 2,9;	P ₂ O ₅ – 0,47; SO ₃ – 0,14; S – 6,85;
Биофильные микроэлементы (п 10 ⁻³)	V -4,4; Cu -5,9; Mo – 0,4; Ni – 15,4; Zn – 4,7; Co – 2,1;	V -5,6; Cu -6,7; Mo – 0,58; Ni – 16,1; Zn – 0; Co – 1,4;	V -1; Cu -1,8; Mo – 0,7; Ni – 9,4; Zn – 0; Co – 0,86;
S пиритное (%)	2,58	2,5	4,96
Fe ₂ O ₃ /FeO ₂	0,162	0,13	0,23
Палеоценоз/Танатоценоз	Эпибентос – двустворки, гастроподы; Эндобентос – ладьяногие, брахиоподы; Придонный нектон – аммониты; Грунтоеды Двустворки и гастроподы играют основную роль. Отмечается наличие содержания молодых аммонитов.	Эпибентос – двустворчатые моллюски; Эндобентос – ладьяногие моллюски; Значительное низкое содержание органических остатков. Отмечается наличие содержания молодых аммонитов.	Эпибентос – двустворки, гастроподы; Эндобентос – ладьяногие, брахиоподы; Придонный нектон – аммониты; Двустворки и гастроподы играют основную роль
Q(ккал/кг)	1767 – 1867	1482 – 2982	2900 – 3300
Зольность (%)	60 – 65	50 – 70	40 – 45

Табл. 1. Параметры литотипов горючих сланцев (продолжение).

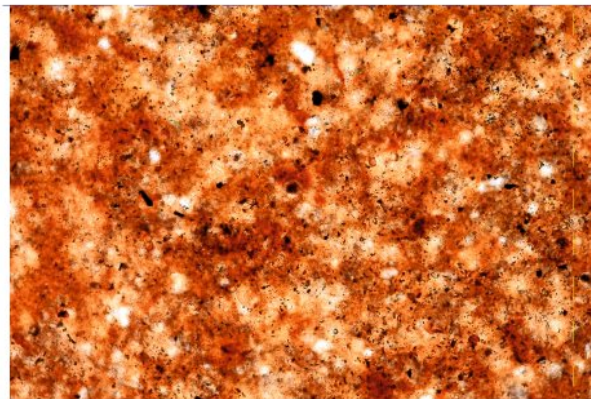


▲ Рис. 5. Шлиф ник.+ Литотип № 3, пласт № 1 Коцебинское месторождение Ув. 100х, Микроскоп AXIOLABA1 pol.

Основными технологическими параметрами, влияющими на качество горючего сланца, являются: «зольность», «теплота сгорания», «выход газа, сланцевой смолы (нефти)» и «минеральный состав золы».

Под «**теплотой сгорания**» (Q) понимают количество выделившейся теплоты, при полном сгорании массовой (для твердых и жидких веществ) единицы вещества. Измеряется в ккал/кг. Является основным техническим параметром горючих сланцев.

Второй параметр «**зольность**», представляет собой отношение массы негорючего остатка (золы), полученной после сжигания горючей части топлива, к массе исходного топлива. Обозначается символом «А» и выражается в процентах. Для всех типов твердых топлив зольность — один из основных нормируемых показателей характеристики и оценки их качества, используемый при разработке технических условий, потребительских стандартов, кондиций и при подсчете запасов. Повышение зольности снижает тепловой эффект сжигания топлив, удорожает (как балласт) стоимость их транспортировки, отрицательно отражается на технологии процессов переработки и качестве получаемых продуктов (гидравлическое вяжущее, редкоземельные металлы и др.).



▲ Рис. 6. Шлиф ник. || Литотип № 3, пласт № 1 Коцебинское месторождение Ув. 100х Микроскоп AXIOLABA1 pol.

Третий параметр - **выход сланцевой смолы** (аналог нефти) и **газа** в процессе пиролиза горючих сланцев. Параметр имеет прямую зависимость от теплоты сгорания (с увеличением Q увеличивается выход сланцевой смолы и газа) и обратную от зольности. Измеряется в кг/т и м³/т. - сколько возможно получить кг сланцевой смолы или м³ сланцевого газа переработав 1 т горючего сланца.

Четвертый параметр — **минеральный состав золы**, характеризуется химическим составом минеральной части золы, полученной после пиролиза ГС. Находит широкий спектр применения в разных областях промышленности (дорожное строительство, строительство, удобрение).

На основании макро описания пород, изучения шлифов, технологических характеристик ГС, а также результатов, полученных предыдущими исследователями [1,4,5], были сделаны следующие выводы:

Содержания OB и $C_{орг}$. Является одним из самых важных индикаторов качества горючих сланцев и напрямую влияет на их технологические параметры. Увеличение содержания OB и $C_{орг}$ приводит, к увеличению теплоты сгорания, выходу жидких и газообразных углеводородов и умень-

шению зольного остатка горючего сланца. От литотипа № 1 (ОВ 15 – 30%, $C_{орг}$ 17 – 19%) к литотипу № 3 (ОВ – 35 – 60%, $C_{орг}$ 27 – 29%) отмечается практически двукратное увеличение содержания ОВ и $C_{орг}$, что коррелируется с изменениями теплоты сгорания и зольности.

Состав ОВ. Говоря о влиянии количества ОВ и $C_{орг}$ на технологические характеристики ГС, необходимо также учитывать и качественный состав этих компонентов. Предыдущими исследователями [1,5] установлено, что ОВ состоит преимущественно из коллоальгинита, сапроколлинита, а также разнообразных фрагментов кокколитофориды и талломоальгинита. Содержание коллоальгинита в ряду горючих сланцев постепенно увеличивается с 30 до 70%.

Важным моментом является наличие окисленных линз коллоальгинита в литотипе № 1, а также их высокая степень неоднородности, выраженная в изменении цвета, характере уплотнения и контактов с глинистым и алевритовым веществом. Коллоальгинит – это преобладающий (70–100%) мацерал каменных и бурых углей, керогена горючих сланцев и РОВ, принадлежащий к гр. альгинита, бесструктурное в-во, образовавшееся из водорослей. Коллоальгинит в горючих сланцах играет роль «цемента» связывая кокколиты, глинистое и алевритовое вещество. Наличие окисленного коллоальгинита, а также высокая степень его неоднородности, говорит нам о водоеме небольшой глубины, с хорошей аэрируемостью, и о высоком влиянии тектоно-седиментогенного фактора, что являлось главной причиной столь высокой степени анизатропности горючих сланцев данного литотипа. Коллоальгинит последующих литотипов характеризуется однородностью как в окраске, так и в контакте с кокколитофоридой и в гораздо меньшей

степени с глинистым веществом. Уменьшение степени окисленности, и появление талломоальгинита в литотипе № 3 свидетельствует об углублении дна морского водоема, а так же о более благоприятных и спокойных тектоно-седиментационных условиях, при которых значительно увеличилось поступление ОВ, которое в последующем разбавило и уменьшило степень глинистости горючих сланцев. Поэтому можно предположить, что увеличение содержания коллоальгинита и уменьшение его степени окисленности ведет к увеличению теплоты сгорания, выхода жидких и газообразных углеводородов, а так же к уменьшению зольности.

Изменение содержания кокколитов в литотипах горючих сланцев имеет другую тенденцию. Максимальное количество КК (до 40%) имеет литотип № 2, который характеризуется высоким содержанием ОВ и высокой глинистостью. Возможно, большая часть кокколитов в литотипе № 1 была подвержена декарбонатизации, о чем говорится в работах Букиной Т.Ф[1]. Также стоит обратить внимание на устойчивый тренд – уменьшение диаметра КК от литотипа № 1 к литотипу № 3, что, вероятно, связано с уменьшением влияния декарбонатизации.

Содержание глинистого вещества и алевритовой составляющей тоже является важным параметром, характеризующим технологические свойства ГС. Содержание глинистого вещества и алевритовой составляющей закономерно снижается от литотипа № 1, где они играют породообразующую роль, до литотипа № 3, выполняющие роль примеси. В литотипе № 1 ведущую роль в глинистых минералах выполняет иллит и смектит. В литотипе № 2 иллит сохраняет свои позиции, однако смектит становится второстепенным минералом. В литотипе

№ 3 к смектиту так же добавляются смешанно-слоистые образования. Основными минералами в алевритовой части являются кварц и полевые шпаты. В литотипе № 3 к ним еще добавляется кальцит. Кроме того, спорадически встречается пирокластический материал, который фиксируется в шлифах в виде мелких обломков вулканического стекла [1]. Максимальное количество таких фрагментов характерно для VII пласта (Перелюбского месторождения), в котором практически отсутствуют «богатые» разновидности сланцев. С точки зрения циклического строения сланценосной толщи, этот факт может быть объяснен дизциклической функцией синхронных вулканических процессов [3], которые прерывали осадконакопление и тем самым не позволяли сформироваться самому полезному микроциклиту в составе ГС. В целом увеличение глинистого вещества и алевритовой составляющей негативно влияет на технологические параметры ГС – возрастает зольность, снижаются теплота сгорания и выход жидких и газообразных углеводородов.

Аутигенные компоненты. Основным минералом тяжелой фракции является пирит, содержание которого во всех трех литотипах горючих сланцев составляет более 50%. Тем не менее намечается четкая тенденция сокращения содержания пирита от первого литотипа (74,2 %) к третьему литотипу (51,9%). Именно пирит является одним из основных индикаторов восстановительной обстановки при седиментогенезе и диагенезе горючих сланцев. Предполагается, что количество пирита может быть косвенным индикатором качества углеродистого сырья. По мере увеличения содержания этого минерала снижается количество ОВ, как следствие широкого проявления сульфатредукции. С другой стороны, чем больше

пирита в сланцах, тем больше величина их зольности.

Цвет породы в ряду *горючий сланец «бедный» - горючий сланец «богатый» коллоальгинитовый известковистоглинистый - горючий сланец «богатый» коллоальгинитовый известковый* изменяется от серого до серого-коричневого и заканчивается коричневатожелтым либо коричневым цветом. Различия в окраске ГС обусловлены различными причинами. Среди них ведущими являются колебания содержания пелитовой составляющей и рассеянного тонкодисперсного ОВ, изменения в количестве карбонатного материала и степень декарбонатизации кокколитофорид. Серый и темно-серый цвета зачастую отвечают высокому содержанию глинистого вещества, которое в первых двух литотипах горючих сланцев играет породообразующую роль. Наличие коричневатых и желтых оттенков указывает на высокое содержание ОВ, которые, в свою очередь, в третьем литотипе значительно превалируют над глинистым веществом (фото 7, 8). Поэтому коричневые разновидности горючих сланцев будут обладать высокой теплотой сгорания, высоким выходом жидких и газообразных углеводородов, и низкой зольностью. Серые и темно-серые разновидности, напротив, отметятся ухудшением выше указанных технологических параметров, что связывается с высоким содержанием глинистой и алевритовой составляющих, увеличение которых значительно повышает зольность ГС.

Текстура горючих сланцев, в вышеуказанном ряду, имеет определенную изменчивость. Первые два литотипа обладают тонкослоистой текстурой, в которых изменение цвета слоев, связано с изменением содержания ОВ и глинисто-

го вещества. Данные текстурные особенности можно увязать с высокой изменчивостью условий осадконакопления в процессе седиментогенеза (различная интенсивность поступления и сохранения ОВ). В третьем же литотипе текстура имеет преимущественно линзовидный и косослоистый характер. Наличие тонкослоистой текстуры неблагоприятно воздействует на технологические параметры горючих сланцев. Наличие переслаивания глинистого и органического вещества приводит к высокому разбросу основных параметров горючих сланцев, что приводит к затруднению их качественной оценки.

Пиролитические параметры и типы керогена.

Образцы ГС Коцебинского месторождения и Кашпир-Хвалынской площади были исследованы на установке RockEval 6. Полученные результаты указывают на то, что все образцы ГС (литотипы № 1,2,3), исследованные на данной установке, обладают высоким нефте-газо-генерирующим потенциалом. Показатели водородного индекса (HI) варьируют 632 – 1089 мг УВ/г Сорг. Значения в 632 - 678 мг УВ/г $C_{орг}$ отличают образцы ГС литотипа № 1 Кашпир-Хвалынской площади (пласт № 2 пачки № 1, 3), а значения >1000 мг УВ/г $C_{орг}$ характерны для образцов ГС литотипов № 2,3 Коцебинского месторождения (пласты № 1, 2). Выход жидких углеводородов варьируется от 127 мг/г до 194 мг/г. Максимальные значения приурочены к литотипам № 2,3 Коцебинского месторождения (пласты № 1,2), а минимальные к Кашпир-Хвалынской площади литотип № 1 (пласт № 2 пачка № 2,3).

Химический состав. Высокое содержание SiO_2 и Al_2O_3 отмечается в первом и втором литотипе, что отражает значитель-

ное содержание глинистых минералов (иллита и смектита). В третьем литотипе вышеуказанные окислы резко сокращаются. Следовательно, на основе данных о химическом составе минеральной составляющей (золы) и численного соотношения в ней выше указанных окислов, можно сделать вывод, что высокое содержание SiO_2 и Al_2O_3 указывает нам на низкое качество горючего сланца. С уменьшением содержания данных окислов увеличивается содержание ОВ и уменьшается зольность.

Наиболее сернистым являются горючие сланцы третьего литотипа. В них суммарное содержание S увеличивается двукратно по сравнению с предыдущими литотипами. Это можно связать с восстановительными условиями, благодаря которым содержание ОВ значительно увеличивается. Стоит отметить, что высокосернистые разности требуют дополнительных затрат в процессе переработки, что негативно сказывается на технических параметрах горючих сланцев. Однако высокое содержание серы в ГС позволяет получить такие ценные продукты как: тιοфен ароматические соединения, рений.

Биофильные микроэлементы. В ГС обычно присутствует комплекс биофильных компонентов, которые, по мнению многих исследователей, влияют на качество сырья, а также могут служить индикатором благоприятных условий формирования ГС. Поэтому имея лишь данные по содержанию определенного набора биофильных элементов можно сделать выводы о возможном потенциале горючих сланцев.

Согласно утверждениям Ханта, отношения ванадия к никелю отражают плотность жидких углеводородов [6]. Для

первого и второго литотипа отношения составляет 0,24 – 0,34, а для третьего литотипа данное отношение резко уменьшается и составляет 0,10, что говорит нам об уменьшении плотности жидких углеводородов, полученных из горючего сланца третьего литотипа. Это коррелируется с данными о коэффициентах ароматичности, о которых было сказано выше. Уменьшение роли тяжелых углеводородов благоприятно сказывается на финальном продукте. Не менее важным биофильным элементом выступает Мо (молибден). Установлено, что воды вблизи берега морского бассейна и верхние слои морских вод менее обогащены молибденом, чем воды на глубине и вдали от берега. Возвращаясь к нашему примеру, концентрация молибдена практически в два раза увеличивается от первых двух литотипов к третьему, что указывает на большую удаленность и глубину бассейна, в котором непосредственно формировались горючие сланцы данного литотипа. В связи с этим, содержание молибдена, а так же динамика его изменения могут служить одним из индикаторов изменения основных технических параметров горючих сланцев, как по вертикали, так и по латерали. Важно понимать, что использование данных лишь по изменению молибдена в ГС, может привести к неверному результату. Тенденцию изменения содержания молибдена в ГС нужно лишь рассматривать в сумме с другими факторами, рассмотренными выше.

Состав ориктоценозов. Для всех разновидностей углеродистых сланцев характерным является наличие многочисленных и относительно разнообразных форменных компонентов, которые представлены обломками или сплюснутыми

раковинами двустворчатых моллюсков, аммонитов и гастропод. Органогенный материал может быть рассеян в породе, чаще образует скопления на поверхностях напластования (рис. 7, 8). В независимости от принадлежности к тому или иному типу ГС, в их составе наблюдаются довольно стабильные по составу ориктоценозы. Примечательно, что ориктокомплексы «богатых» и «бедных» разновидностей как в качественном, так и в количественном отношении, во многом соответствуют своим аналогам из сапропелевых алевроитистых глин [4]. Из бентосной макрофауны доминируют двустворчатые моллюски и гастроподы. Реже наблюдаются представители брахиопод. Из организмов, ведущих нектонный образ жизни, подавляющее значение принадлежит аммоноидеям. В качественном составе микроорганизмов выделяются фораминиферы и кокколитофориды. Ориктоценозы всех литотипов ГС характеризуются следующими особенностями. В отличие от вмещающих пород характерны массовые скопления молодых особей двустворчатых моллюсков и аммоноидей, что является довольно надежным индикатором сильной аноксии в морском бассейне, благоприятной для сохранности ОВ (не окисления). Другая особенность касается степени сохранности биогенных компонентов. Большинство раковин как макрофауны, так и фораминифер с кокколитофоридами, несут следы частичного растворения в результате процессов декарбонатизации.

Более показательными, с точки зрения характеристики ориктоценозов, являются изменения в составе микрофауны различных литотипов ГС. В «богатых» сланцах по сравнению с «бедными» отмечается более высокая степень сохранности микроорганизмов, значительно меньшие



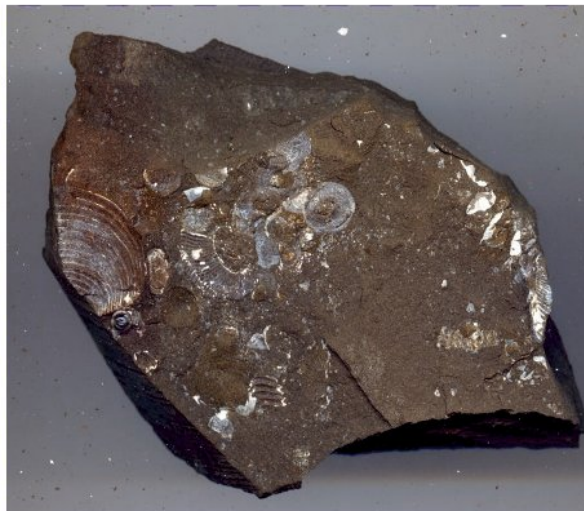
▲ Рис. 7. Горючий сланец «богатый» коллоальгинитовый известковый.

размеры индивидов, а также значительное преобладание кальцитизированных разностей над глинистыми. Указанные различия определяли более высокие значения зольности в менее качественном сырье.

Выводы:

Подводя итоги, хотелось бы отметить, что анализ качества ГС можно производить на нескольких этапах:

1) Камеральный этап: уже при отборе проб горючего сланца на промысле полевой геолог на основании первичных данных может сделать выводы о перспективности качества горючего сланца. Это особенно важно в силу высокой латеральной и вертикальной изменчивости основных свойств исследуемой породы. Цвет горючего сланца и его текстура могут послужить хорошим индикатором в процессе первичной оценки качеств ГС. Коричневые, желто-коричневые разности с линзовидной или косослоистой текстурой говорят о высоком потенциале ГС, тогда как серый, темно-серый цвет и слоистая текстура свидетельствуют о высокой глинистости и анизотропности, что негативно сказывается на качестве



▲ Рис. 8. Горючий сланец «богатый» коллоальгинитовый известковисто-глинистый.

рассматриваемого нами продукта. Так же полевому специалисту стоит обратить внимание на степень сохранности органики, при условии наличия ее на плоскости напластования. Как указывалось выше, в «богатых» сланцах по сравнению с «бедными» отмечается более высокая степень сохранности микроорганизмов, значительно меньшие размеры индивидов и значительное преобладание кальцитизированных разностей над глинистыми. Указанные различия определяли более высокие значения зольности в менее качественном сырье.

2) Лабораторный этап: позволяет получить более точные данные посредством проведения серии минералогических и химических анализов. Основные данные, на которые стоит обратить внимание при анализе качества горючего сланца, – содержание и тип ОВ (содержание, распределение и характер кокколитофоринов и коллоальгинита). Затем – содержание и минералогический состав глинистого и алевроитового вещества, содержание основных породообразующих окислов – SiO_2 , Al_2O_3 . Изменение ведущей роли породообразующих окислов напрямую влияет на качество

горючего сланца. При доминировании SiO_2 , Al_2O_3 горючий сланец обладает высокой глинистостью и меньшим содержанием ОВ и наоборот, снижение выше обозначенных окислов указывает на повышенное содержание органики, и, как следствие, указывает на более высокие технологические параметры рассматриваемой породы. Акцессорные минералы и биофильные элементы так же влияют на качество горючих сланцев. Изменение содержания пирита, ванадия, никеля, а так же молибдена сказывается на качестве ГС.

Литература

1. Букина Т.Ф. Седиментогенез и ранний литогенез верхнеюрских сланценосных отложений центральной части Волжского бассейна; под ред. Яночкиной З.А. – Саратов: изд-во Сар. ун-та, 2013. – 128 с.
2. Зеленин Н.И., Озеров И.М. Справочник по горючим сланцам – Санкт-Петербург: изд-во «Недра» 1983. – 246 с.
3. Илясов В.С., Староверов В.Н., Роль седиментационного фактора в формировании сланценосной толщи средневожского подъяруса на юге-востоке Волго-Уральской антеклизы // Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений – Казань, изд. ИЛХАС, 2016. Т. – 1. С – 176 – 299 с.
4. Кулева Г.В., Яночкина З.А., Букина Т.Ф., Иванов А.В., Барышникова В.Н., Троицкая Е.А., Еремин В.Н. Разрез верхнеюрских сланценосных отложений волжского бассейна (зона *Dorsoplanitespanderi*); под ред. Яночкиной З.А., Иванова А.В. – Саратов: Изд-во «Научная книга», 2004. – 110 с. (Тр. НИИГео СГУ им. Н.Г. Чернышевского. Новая серия Том XVII).
5. Щепетова М.А. Седиментология и геохимия углеродистых толщ верхней юры и нижнего мела Русской плиты: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. Специальность 25.00.06 – литология / Российская академия наук Геологический институт РАН – Москва

2011 г. 33 с.

6. Hunt John M. PETROLEUM GEOCHEMISTRY AND GEOLOGY – San Francisco: Woods Hole Oceanographic Institution 1982. – 703 p.