

Влияние повышенных концентраций органического вещества на свойства пород

И.Ф. Юсупова¹, Н.П. Фадеева^{2*}, Т.А. Шарданова²

¹Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Рассматриваются породы, обогащенные органическим веществом (ОВ): прибалтийские горючие сланцы-кукерситы и доманиковые отложения Волго-Уральского бассейна, в которых ОВ является одним из породообразующих компонентов. Отмечено несоответствие объемных и весовых соотношений органического и минерального вещества пород. Показана объемная значимость ОВ этих пород в толщине сланцевых пластов и доманиковых отложениях. Повышенное содержание ОВ предопределяет пониженную прочность таких пород. Изменчивость концентраций ОВ и другие неоднородности сланцевых пластов и доманиковых пород (текстура, конкреционные тела и др.) – факторы мозаичного распределения участков с разными плотностно-прочностными свойствами и, как следствие, неравномерного сокращения пластов и их деформации в случае утраты (полной или частичной) ОВ.

Ключевые слова: органическое вещество, кукерситы, доманик, объемная плотность, прочность пород, текстура

Для цитирования: Юсупова И.Ф., Фадеева Н.П., Шарданова Т.А. (2019). Влияние повышенных концентраций органического вещества на свойства пород. *Георесурсы*, 21(2), с. 183-189. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.183-189>

Введение

К породам с концентрированным органическим веществом (ОВ) согласно Н.Б. Вассоевичу относятся отложения с содержанием ОВ (в расчете на органический углерод – $C_{\text{орг}}$ или ТОС – *total organic carbon*) 2,5-40,0 вес.%. В зависимости от исходного состава (сапропелевое и/или гумусово-сапропелевое) и степени преобразованности (диагенез – метаморфизм) эти породы называют *черными, углистыми, углеродистыми, битуминозными, горючими, нефтегазоносными* сланцами (Неручев, 2007). 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» (Неручев, 2007, с. 37). Нижний предел концентраций в горючих сланцах, по разным авторам, колеблется в пределах 10-25 вес.%. Горючие сланцы разного состава и возраста имеют собственные названия – кукерситы, доманикиты, баженовиты, хадумиты (Баженова и др., 2004). ОВ горючих сланцев дает при перегонке/искусственном катагенезе то или иное количество смолы, близкой по составу к нефти (сланцевая нефть).

Горючие сланцы представляют интерес на всем протяжении своего существования: на ранних этапах – это энергетическое и технологическое сырье, на более

поздних – нефтематеринская порода, генерирующая на катагенных глубинах жидкие и газообразные углеводороды (УВ). Это дает возможность использовать толщину обогащенных ОВ пород в качестве модели для познания многих процессов и явлений, происходящих в подобных отложениях на всех стадиях катагенеза, а сами горючие сланцы как потенциальные нефтегазоматеринские породы, реализующие в определенных условиях свой генерационный потенциал.

Главное отличие горючих сланцев от других осадочных пород – повышенное содержание керогена – твердое ОВ. Это обстоятельство не может не отразиться на отдельных параметрах и свойствах этих отложений, важных при решении геологических, эксплуатационных и химико-технологических задач.

В данной работе влияние ОВ сланцев на их параметры рассматриваются на примере горючих сланцев – кукерситов (O_2kk) Ленинградского и Эстонского месторождений (Прибалтика) и доманиковых (семилукских) отложений (D_3f_2sm) на севере-востоке Южно-Татарского свода. Сравнение этих пород основано на близком составе ОВ и невысокой степени преобразованности, несмотря на разные современные глубины их залегания.

ОВ кукерситов и доманиковых пород изучалось в разных аспектах: проявлении в карстовых процессах, создании эпигенетической пустотности, вторичной сульфидной минерализации, возможности утилизации ОВ сульфатредуцирующей микробиотой, деформационных изменениях сланцевых пластов; рассматривались также химико-битуминологические особенности ОВ. Установлена объемная значимость ОВ в этих породах; показано, что породы с концентрированным ОВ в зоне катагенеза могут стать источником нарастающей дислоцированности, более интенсивной, чем в иных участках

* Ответственный автор: Наталья Петровна Фадеева
E-mail: fadeeva_nataly@mail.ru

© 2019 Коллектив авторов

разреза (Абукова и др., 2014; Юсупова, 1991, 2007, 2008, 2019; Шарданова и др., 2017).

Общие сведения. *Кукерситы.* Карбонатные отложения среднего ордовика, к которым относятся кукерситы, распространены в Прибалтийском сланцевом бассейне. Масштабы захоронения ОВ сланценовой толщи оцениваются в количестве не менее 200 млрд тонн, в том числе 40-50 млрд тонн концентрировано в слоях сланцев и около 150 млрд тонн рассеяно в карбонатных породах (Формации горючих сланцев, 1973).

На Эстонском и Ленинградском месторождениях сланценовая толща (70-85 м) представлена, в основном, карбонатными породами, содержащими многочисленные, обычно маломощные пласты (до $n \times 10$ см) кукерситов. В собственно сланценовой залежи Ленинградского месторождения (толщина ~ 3 м) на сланцы приходится ~ 33%, карбонатные породы – 65%, глины – не более 2% (Формации горючих сланцев, 1973). По форме сланцевая залежь – это пластовое тело, в котором пласты кукерситов сближены, образуя в нижней части сланценовой толщи так называемый промышленный пласт (промпласт) (рис. 1).

Глубина залегания промпласта в бассейне от 30 до 200-250 метров (Геология СССР, 1968). Содержание ОВ колеблется в широких пределах, достигая 40 вес.% и более. Элементный состав керогена кукерситов отличается постоянством (%): С 76,5÷77,5; Н 9,4÷9,9; N 0,2÷0,5; S 1,2÷2,0; О 9,0÷11,0, водородный индекс НI 734÷903 мг УВ/г ТОС; степень преобразованности – ранний катагенез: T_{\max} 425-428°C (Формации горючих сланцев, 1973, Хисамов и др., 2015). ОВ кукерситов сингенетичное, сложено детритными и сорбированными формами. В редких случаях присутствует и эпигенетичное ОВ, представленное включениями твердых (реже жидких) битумов; при экстракции они растворяются в хлороформе и на 75,5% состоят из асфальтенов (Барташевич и др., 1982). Природа твердых битумов в сланценовой толще остается дискуссионной.

Кукерситы – это углеродистые мергели, состоящие из трех породообразующих компонентов: ОВ, карбонатов и терригенного материала. Качество сланца (зольность, теплотворная способность, выход сланцевой смолы и др.) меняется в значительных пределах, что обусловлено, в основном, концентрацией ОВ в кукерситах (табл. 1).

Среди кукерситов встречаются слоистые разности, но большинство кукерситов не обладает присущей «черным сланцам» тонкой слоистостью (или сланцеватостью),

Наименование породы	Среднее содержание породообразующих компонентов, вес. %		
	карбонатные	терригенные	кероген (ОВ)
Горючий сланец	40	25	35
Горючий сланец Глинистый	45	40	15
Известняк керогенсодержащий	75-80	15	5-10
Глинистый известняк	80	20	-

Табл. 1. Типы пород, слагающих промышленный пласт Ленинградского месторождения горючих сланцев (Формации горючих сланцев, 1973)

они не способны распадаться на тонкие пластинки при выветривании; также отмечено, что гнездообразное размещение в кукерситах ОВ влияет на условия его горения и термического разложения (Формации горючих сланцев, 1973).

Доманиковские отложения ($D_3f_2-C_1t$) широко развиты на Восточно-Европейской платформе и выделяются как «карбонатный комплекс», сложенный породами смешанного состава с разными концентрациями ОВ. На востоке и в центре Татарстана, где располагается Южно-Татарский свод, породы карбонатного девона сложены темно-серыми до черных глинисто-кремнисто-карбонатными сильно битуминозными отложениями, количественное соотношение породообразующих компонентов в которых неодинаково (табл. 2). Глубина залегания семилукских отложений 1671-1694 м; при диапазоне толщин семилукского горизонта (10-60 м) на большей части региона преобладают толщины 30 м.

Диапазон концентраций ОВ чрезвычайно велик: ТОС=0,07 ÷ 49,4, среднее – 10 вес.%, но распределение ОВ (и его генерационные свойства) очень неравномерно – даже на микроуровне в шлифах семилукских пород можно наблюдать тонкое переслаивание черных слоев, представленных практически полностью керогеном, с породами с низким содержанием ОВ; соотношение обогащенные/необогатенные ОВ породы 70:30% (рис. 2). Несмотря на большой разброс концентраций, тип ОВ и его преобразованность одинаковые – НI 560 мг УВ/г ТОС, T_{\max} 419°C. Хлороформный битумоид на 70% состоит из смолисто-асфальтеновых компонентов.

Наиболее обогащенную ОВ часть разреза карбонатного девона – семилукские отложения, формировавшиеся в депрессионных условиях (доманикиты или высокоуглеродистые породы), можно уподобить сланцевой залежи

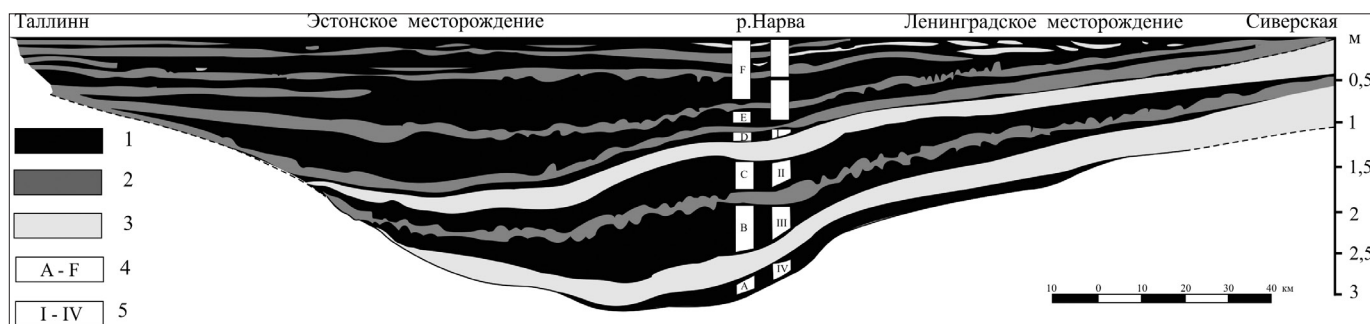


Рис. 1. Сланцевая залежь Прибалтийского бассейна горючих сланцев (Геология СССР, 1960). 1 – горючий сланец; 2 – известняк с содержанием ОВ 5-10%; 3 – известняк с содержанием ОВ меньше 5%; индексация пластов горючих сланцев на месторождениях: 4 – на Эстонском – А, В, С, D, E, F; 5 – Ленинградском – I, II, III, IV.

Наименование породы	Содержание породообразующих компонентов, вес. %			
	Карбонатные	Терригенные (глинистые)	кремневые	кероген (ОВ)
Тонкослоистые породы высокоуглеродистые	0-100	0-25	0-100	5-49,5
Кремень углеродистый	0-35	0-5	60-90	0,5-5
Известняк углеродистый	85-100	0-5	0-15	5
Известняк	75-100 кальцит 0-14 доломит	0-10	0-10	< 0,5

Табл. 2. Типы пород доманиковой формации

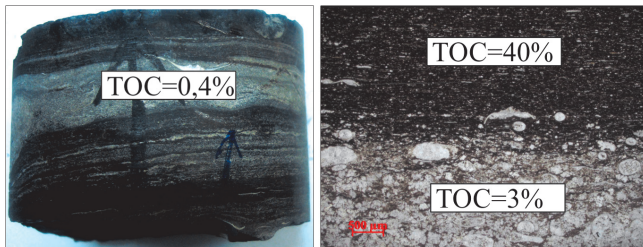


Рис. 2. Доманиковая формация – переслаивание пород с разной концентрацией ОВ (слева – керн, справа – шлиф)

кукерситов: по составу пород, концентрации и типу ОВ, степени преобразования.

Параметры ОВ (концентрации, текстуры и структуры) как самих сланцев, так и залежей определяют ряд особенностей, в том числе цветовые, физико-механические, плотностные, и, как следствие, разномасштабную флюидодинамическую неоднородность пластов при их погружении.

Цвет. При содержании ОВ в кукерситовой залежи более 5-10 вес. % карбонатные породы сланценой толщи приобретают бежевую окраску, при более высоком – цветовая гамма кукерситов ограничивается светло-коричневыми тонами (Горногеологическое значение карста., 1973). В то же время при равных концентрациях ОВ (25-26 вес. %) и равной степени преобразования цвет доманиковых отложений – черный (рис. 3)

Очевидно, цвет пород зависит от разных факторов: концентрации ОВ, исходного органического материала, степени его разложения в седименто- и диагенезе (окислительно-восстановительные реакции) и др. Кукерситы представлены детритными и аморфными микрокомпонентами (водоросли *Gloecapsomorpha prisca*), а доманикиты – только аморфным бесструктурным ОВ (*акритархи*, *Tasmanites* и др.)

В отдельных участках рассматриваемой залежи кукерситов (чаще в так называемых структурно-деформационных зонах) кукерситы в горных выработках иногда документируются как «почерневшие», «черные», «порченые сланцы». Качество их ухудшено: они содержат меньше

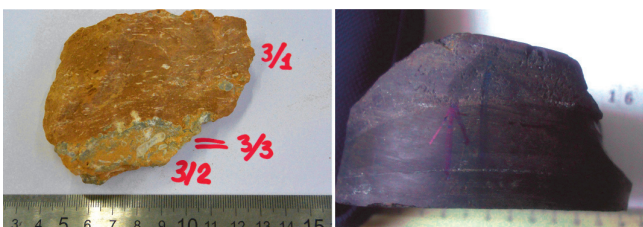


Рис. 3. Цвет кукерситов (карьер Кохтла-Ярве, слева) и доманикитов (Южно-Татарский свод, Тлянчи-Тамакская скв., глубина 1692,8 м, справа)

ОВ, в керогене сланца понижены содержание водорода, теплотворная способность и т.д. Изменение цвета (и ухудшение качества) объясняется частичной потерей ОВ под воздействием совокупности факторов, в том числе избирательной утилизацией части ОВ (керогена) сульфат-редуцирующей микробиотой (Газизов, 1971).

ОВ как фактор плотностных и объемных особенностей пород. Известно, что органическое вещество отличается от минерального пониженной плотностью, равная примерно 1 г/см³; поэтому значительные концентрации ОВ определяют пониженную плотность пород. Так, для кукерситов, при содержании в них 30 вес. % ОВ плотность сланцев составляет около 1,8 г/см³. Тесные корреляционные связи между содержанием ОВ и плотностью высокоуглеродистых пород установлены в доманиковом комплексе (рис. 4), а также в баженовской свите, сланцах Грин-Ривер.

Пониженная плотность ОВ определяет его объемную значимость: при равных весовых содержаниях органического и минерального вещества на долю ОВ приходится больший объем. Поэтому объемные соотношения компонентов в кукерситах и доманикитах не совпадают с весовыми (табл. 3).

Например, весовые содержания ОВ (35%) и карбонатов (40%) в усредненном кукерсите Ленинградского месторождения близки (табл. 3), но в объемном отношении главенствующая роль принадлежит ОВ (54%), а на долю карбонатов приходится всего 25% (Юсупова, 2008).

Близкие соотношения весовых и объемных процентов характерны и для пластов А-Ф Эстонского месторождения

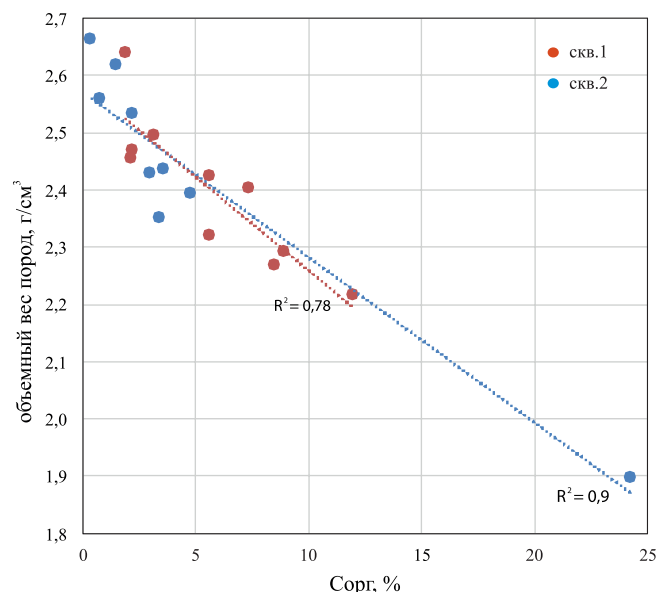


Рис. 4. Корреляция $C_{орг}$ и плотности (объемного веса) доманиковых пород

Содержания	Усредненный состав кукерситов, %		
	ОВ	карбонатный	глинистый, кремнистый
Весовые	35	40	25
Объемные*	54	25	21
	Усредненный состав доманикитов, %		
Весовые	32	27	41
Объемные*	52	18	30

*при расчете принимались значения плотности:
 ОВ – 1,0 вес.%, карбонаты – 2,5 вес.%,
 терригенные компоненты – 2,2 вес.%

Табл. 3. Несоответствие весовых и объемных содержаний в кукерситах и доманикитах

(рис. 1): весовые проценты – ОВ 18÷45, карбонаты 35÷57, объемные проценты – ОВ 34÷65, карбонаты 22÷40.

В доманикитах (ТОС=25÷49,5%, среднее ТОС 33 вес.%) объемный вес ОВ составляет не менее 50 объемных %, а минеральная часть в виде примеси представлена глинистым и карбонатным материалом.

Объемная значимость ОВ обуславливает следующие особенности рассматриваемых пород:

а) более существенный вклад ОВ в толщину обогащенных пластов (кукерситов, доманикитов). Эти особенности важно учитывать при оценке нефтегазоматеринского потенциала высокоуглеродистых отложений;

б) разный объем пустотности, образующийся при деструкции равных количеств органического и минерального вещества (в первом случае он будет больше).

Выявлению роли ОВ в формировании вторичной пустотности посвящены многие работы (Юсупова, 2007, 2008, 2015; Балущкина и др., 2013; Pommer, 2015). В частности, установлено, что в участках подземной карстовой денудации потеря ОВ для кукерситов была более значимой, чем потеря ими карбонатов.

За формирование и сохранение вторичной пустотности ответственно не только содержание ОВ, но и текстуры и процессы вторичного преобразования пород. Экспериментальные работы Д.Р. Гилязетдиновой и др. (Хисамов и др., 2015) показали, что в доманиковых породах со слоистыми текстурами и концентрацией ОВ более 5-10 вес.% происходит интенсивное образование пустотного пространства (поры, трещины и их связанность). В породах с низким содержанием ОВ и массивной текстурой эти процессы протекают с меньшей интенсивностью.

Детальные литологические исследования Т.А. Шардановой (Шарданова и др., 2017) показали, что емкостное пространство доманиковых высокоуглеродистых пород представлено «биопустотами» и микротрещинами как послойными, так и поперечными. Процессы раннего окремнения способствовали сохранению (не деформированности) формы биогенных остатков (тентакулит и радиолярий), которые в последствии становятся «ловушками» миграционных битумоидов. Ранняя карбонатизация залечивает «биопустоты», формирует карбонатные стяжения. Таким образом, чередование карбонатизированных, окремненных, сапропелитовых слоев, тонкая слоистость способствовали созданию пластов с разной степенью литификации.

Влияние органического вещества на прочность пород.
 Сланцевая залежь характеризуется неоднородностью строения, выражающуюся в переслаивании пород с различными физико-механическими свойствами, в том числе с резко различной прочностью (Горногеологическое значение карста., 1973). Прочностные показатели таких поликомпонентных образований зависят от многих факторов: пространственного соотношения слагающих компонентов (с разными физико-механическими свойствами), их количества и размера (крупности), степени цементации между ними, наличия конкреционных тел и других неоднородностей, а также от масштабного фактора (различия физико-механических свойств в образце или в массиве). Установлено, что повышенное содержание ОВ предопределяет пониженную прочность кукерситов по сравнению с известняками. Например, прочность пород залежи в шахтах Ленинградского месторождения составляет для кукерситов 200-300 кг/см² (при влажности 7-13%), а для известняков 440-650 кг/см² (Газизов, 1971). Большие объемы ОВ, неравномерность распределения и другие факторы приводят к тому, что иногда даже частичная утрата ОВ может сказаться на прочности кукерситов – в тех участках кукерситовой залежи, где в результате карстовой агрессии разрушалось ОВ сланцев (и карбонаты), кукерситы быстрее, чем известняки, теряли свою целостность.

В пластах кукерситов и доманиковых пород ОВ и другие породообразующие компоненты распределяются равномерно или неравномерно (прослой, линзы, гнездообразные скопления, конкреции, остатки фауны беспозвоночных, перетертый детрит) (рис. 5).

В кукерситах Ленинградского и Эстонского месторождений форма и размер конкреций сильно колеблется (десятки см), а их содержание в некоторых сланцевых пластах составляют по весу от 15 до 50% (слои С и F), что определяет заметную изменчивость содержаний ОВ в пределах пластов, прочность пластов и другие параметры (Горногеологическое значение карста., 1973).

Таким образом, концентрационная неоднородность ОВ, установленная в кукерситах и доманиковых породах, переслаивание пород с разным соотношением органической и минеральной составляющих создают и плотностную, и прочностную анизотропию, иногда довольно заметную. Неодинаковые плотностные и прочностные параметры предопределяет разную устойчивость к дроблению, измельчению при эксплуатации сланцев, а также особенности пиролитической деструкции ОВ в термоградиентных полях при термических способах внутрипластовой подземной добычи твердых каустобиолитов (Юсупова и др., 2015). Сонахождение (или чередование) в пласте разноплотностных и разнопрочностных участков не может не проявляться при погружении подобных пород на катагенные глубины. Например, трансформация ОВ, его убыль, неравномерное уменьшение толщины и образование пустотности в ходе катагенеза сделают такой пласт «разнодеформированным» (деформационная анизотропия); флюидоразрывы и образование микротрещиноватости тоже будут иметь свою специфику. В участках пород со «сверхконцентрациями» ОВ ($C_{орг} > 40-60$ вес.%) само ОВ является матрицей (органическая или керогеновая), в которую погружены минеральные примеси, что

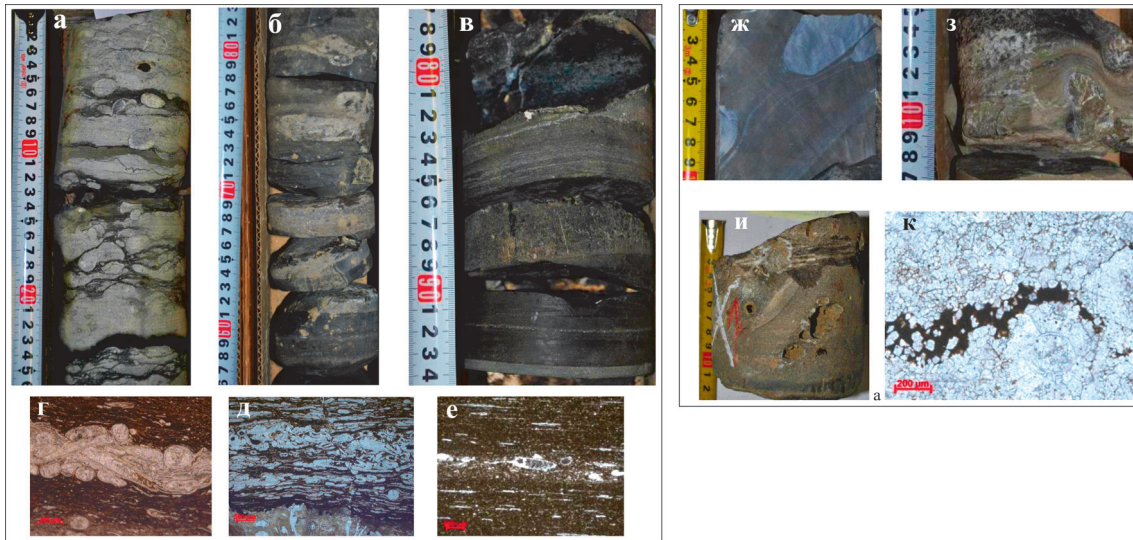


Рис. 5. Различные типы макро- и микро переслаивания пород доманиковского комплекса. а – преобладание прослоев известняков, б – равное соотношение известняков и высокоуглеродистых пород, в – преобладание «сланцев»; г, д, е – слои с разным насыщением биогенных остатков тентакулит; ж, з – известковые стяжения в доманикитах; и, к – каверны разного масштаба в карбонатных породах доманиковой толщи.

и наблюдалось авторами при изучении кукурситов, доманикитов и баженитов под микроскопом (рис. 2, шлиф).

Опытами Д.Р. Гилязетдиновой и др. (Хисамов и др., 2015), моделирующими катагенное преобразование доманиковых пород, установлено, что концентрации ОВ и текстуры пород влияют на образование пустотности пород. Так, при концентрации $C_{\text{орг}} < 0,5$ вес.% (такие породы встречаются как в депрессионных, так и склоновых фациях) и в породах с массивными текстурами за счет равномерного распределения в них ОВ трещины не образуются. В породах со слоистыми текстурами, обусловленными прослоями, линзами пород, обогащенных ОВ сапропелевой и зоогенной природы, формируются трещины ориентированные по напластованию, возрастает их связанность. На модельном образце с высокой концентрацией ОВ (ТОС 27 вес.%), хорошо видны новообразованные трещины, полученные в процессе микротомографического изучения, а сами прослои, насыщенные ОВ, преобразовались в ярко выраженные линзообразные морфоформы протяженностью до 1,4 мм и толщиной до 0,09 мм, ориентированные параллельно напластованию (рис. 6).

О размерах участков с углеродистой матрицей внутри кукурситовых и доманиковых пород по данным аналитических определений подчас невозможно говорить в силу усреднения изучаемых образцов. Данные приводятся в виде min-max, часто приводятся среднеарифметические

или медианные значения, еще реже среднегеометрические, характеризующие логнормальное распределение параметров, характерное для изучаемых пород. Такая подача аналитических данных зачастую снижает их информативность, не всегда оправдана (особенно в случае резкой дифференциации параметров). По мнению некоторых исследователей, усреднение данных по содержанию ОВ (и других параметров) снижает достоверность многих построений и расчетов, в частности, по разуплотнению пород баженовской свиты.

ОВ кукурситов в гипергенных условиях. В отдельные периоды своего существования сланцевая залежь кукурситов в локальных участках подвергалась воздействию карстовых процессов. Благодаря наличию ОВ кукурситов в анаэробных условиях оно эпизодически утилизировалось сульфатредуцирующей микробиотой с образованием H_2S , CO_2 и др. Сланцы теряли свое ОВ (и карбонаты); они постепенно превращались в «почерневшие» разновидности, неравномерно сокращались в толщине, деформировались. Происходили литологические, геохимические и деформационные (трещиноватость, нарушение целостности пластов и др.) изменения сланцевой залежи. Таким образом, в карстовании кукурситов принимали участие все факторы карстовой агрессии: механический, химический, биогенный. Всего от карстовой агрессии разрушилось около 2% залежи (Абукова и др., 2014; Газизов, 1971; Юсупова, 2008). По аналогии с известными видами

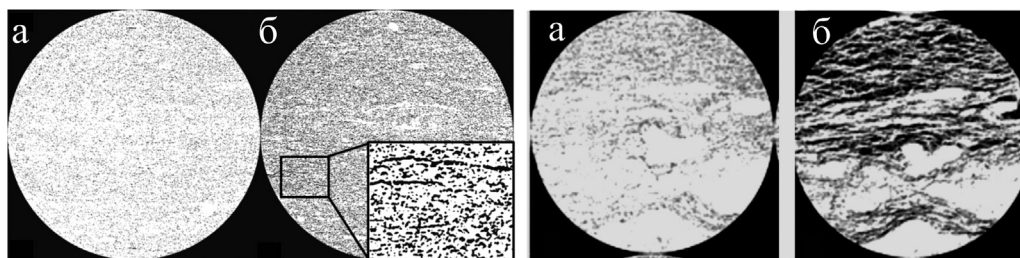


Рис. 6. Рентгеновские бинарные срезы (черный цвет – пустотное пространство). Изменения в структуре породы по данным мКТ съемки: а – исходный образец; б – образец, прогретый до 500°C: новообразованные трещины (слева) и линзообразные морфоформы (справа) (Хисамов и др., 2015).

карста, выделенными по составу разрушающегося материала (карбонатный, сульфатный, соляной, силикатный и др.), И.Ф. Юсуповой (2008) было предложено различать «углеродистый» карст, при котором в подземной гидросфере разрушаются породообразующие концентрации твердого ОВ, в нашем случае, кукурситов. Эти сланцы признаются не просто карстующимися, а «биокарстующимися», т.к. в результате карстовой денудации теряют два породообразующих компонента: карбонаты и ОВ. В участках заметной убыли ОВ кукурситы теряют свой «горючесланцевый» статус, превращаясь в обычные осадочные породы, и сланцевая залежь перестает быть таковой (Газизов, 1971).

Заключение

Породообразующие концентрации ОВ обеспечили обычным осадочным породам статус горючих сланцев – кукурситы, доманикиты; они и предопределили существование в определенном объеме земной коры сланцевой залежи.

Наличие ОВ выделяет сланцевую залежь по цвету, плотности, прочности, теплотворной способности и другим физико-химическим и механическим параметрам.

Колебания концентраций ОВ обуславливает изменчивость многих параметров и плотностно-прочностную анизотропию как самих «высокоуглеродистых пород», так и вмещающих их пород. Она выражается мозаичным распределением в пластах участков с различными свойствами (геохимическими, деформационными и др.).

Изменчивость концентраций ОВ в кукурситах и доманикитах лишает многие выводы однозначности; так вывод об объемной значимости ОВ в рассматриваемых горючих сланцах в каждом случае ограничивается рамками конкретных соотношений для породообразующих компонентов. При воздействии на пласт следует учитывать строение разреза (концентрации ОВ и минеральных компонентов, их состав, структурно-текстурные особенности).

Эпизодическое вовлечение ОВ кукурситов в процессы сульфатредукции превращало отдельные участки сланцевой залежи в арену генерации сульфидной серы и разрушения залежи. Одно из следствий этого явления – утрата сланцами своего ОВ и карбонатов. ОВ кукурситов, как твердый компонент литосферы, на этих участках практически полностью исчезает. Горючие сланцы становятся обычными осадочными породами, а сланцевая залежь перестает считаться таковой.

На формирование вторичной пустотности в породах влияют как концентрации ОВ и текстуры вмещающих пород, так и ранние процессы окремнения и карбонатизации.

Картина изменчивости свойств в кукурситах и доманикитах при усреднении аналитических данных воспроизведению не поддается.

Благодарности

Авторы выражают благодарность рецензенту за внимательное прочтение и редакцию статьи.

Литература

Абукова Л.А., Юсупова И.Ф., Абрамова О.П. (2014). Роль органического вещества сланцевой залежи в формировании ее проницаемости на раннекатагенном этапе. *Химия твердого топлива*, 2, с. 19-24.

Баженова О.К., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А., Хаин В.Е. (2004). *Геология и геохимия нефти и газа*. М: Издательство Московского университета, 415 с.

Балушкина Н.С. Калмыков Г.А., Кирюхина Т.А., Коробова Н.И., Корост Д.В., Соболева Е.В., Ступакова А.В., Фадеева Н.П., Хамидуллин Р.А., Шарданова Т.А. (2013). Закономерности строения баженовского горизонта и верхов абалакской свиты в связи с перспективами добычи нефти. *Геология нефти и газа*, 3, с. 48-61.

Барташевич О.В., Жмур С.И., Емец Т.П. (1982). Нефтегазоматеринский потенциал горючих сланцев платформенного палеозоя. *Советская геология*, 8, с. 9-14.

Газизов М.С. (1971). Карст и его влияние на горные работы. М: Наука, 204 с.

Геология СССР (1960). Эстонская ССР. Под ред. П.Я. Антропова. М: Гостехиздат, т. 28, 512 с.

Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР (1968). Под ред. С.А. Скоробова. М: Недра, т. 11, 607 с.

Горногеологическое значение карста на Ленинградском месторождении горючих сланцев (1973). Ленинград: Недра, 304 с.

Неручев С.Г. (2007). Уран и жизнь в истории Земли. СПб.: ВНИГРИ, 328 с.

Формации горючих сланцев (1973). Таллин: Валгус, 150 с.

Хисамов Р.С., Фадеева Н.П., Гилязетдинова Д.Р., Корост Д.В., Козлова Е.В., Полудеткина Е.Н. (2015). Исследование ОВ и факторов, способствующих трансформации пустотного пространства отложений карбонатного девона Южно-Татарского свода. *Сб. Перспективы увеличения ресурсной базы разрабатываемых месторождений, в том числе доманиковых отложений*. Альметьевск: ПАО «Татнефть», с. 52-64.

Шарданова Т.А., Фадеева Н.П., Хамидуллин Р.А., Хомяк А.Н. (2017). Емкостное пространство пород высокоуглеродистой формации (на примере доманиковой толщи Южно-Татарского свода). *Георесурсы*, Спецвыпуск, с. 125-132.

Юсупова И.Ф. (1991). Новый фактор автономной дислоцированности черносланцевых толщ. *ДАН*, 316(3), с. 697-701.

Юсупова И.Ф., Абукова Л.А., Абрамова О.П. (2007). Потери концентрированного органического вещества пород при их погружении как фактор геодинамической стабилизации. *ДАН*, 414(1), с. 74-77.

Юсупова И.Ф. (2008). Бикарстующиеся породы и их роль в геологических процессах. *ДАН*, 420(2), с. 213-216.

Юсупова И.Ф., Абукова Л.А. (2008). Ресурсовспроизводящие, малоотходные природоохранные технологии освоения недр. М: Изд-во РУДН, с. 71.

Юсупова И.Ф. (2019). Роль органического вещества в формировании свойств сланцевой залежи. *ДАН*, 484(2), с. 32-34.

Pommer M., Milliken K. (2015). Pore Types and Pore-Size Distributions across Thermal Maturity, Eagle Formation, Southern Texas. *AAPG Bulletin*, 99(9), pp. 1713-1744.

Сведения об авторах

Искра Фаиковна Юсупова – кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник

Институт проблем нефти и газа РАН

Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, д. 3

Наталья Петровна Фадеева – кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

E-mail: fadееva_nataly@mail.ru

Татьяна Анатольевна Шарданова – кандидат геол.-мин. наук, доцент кафедры нефтегазовой седиментологии и морской геологии

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Статья поступила в редакцию 19.03.2019;

Принята к публикации 23.04.2019; Опубликована 20.05.2019

The effect of increased concentration of organic matter on the rock properties

I.F. Yusupova¹, N.P. Fadeeva^{2*}, T.A. Shardanova²

¹Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: Natalya P. Fadeeva, e-mail: fadeeva_nataly@mail.ru

Abstract. Rocks enriched with organic matter (OM) are considered: Baltic combustible shale-kickersites and domanic deposits of the Volga-Ural basin, in which organic matter is one of the rock-forming components. The discrepancy between the volume and weight ratios of organic and mineral matter of rocks is noted. The volume significance of the OM of these rocks in the thickness of shale formations and domanic sediments is shown. The high content of OM determines the reduced strength of such rocks. The variability of OM concentrations and other irregularities of shale formations and Domanic rocks (texture, nodule bodies, etc.) are factors of mosaic distribution of areas with different density-strength properties and, as a result, non-uniform reduction of layers and their deformation in case of loss (full or partial) of organic matter.

Keywords: organic matter, kickersites, domanic, volume density, strength of rocks, texture

Recommended citation: Yusupova I.F., Fadeeva N.P., Shardanova T.A. (2019). The effect of increased concentration of organic matter on the rock properties. *Georesursy = Georesources*, 21(2), pp. 183-189. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.183-189>

References

- Abukova L.A., Yusupova I.F., Abramova O.P. (2014). The role of organic matter in shale deposits in the formation of its permeability at the early catagene stage. *Khimiya tverdogo topliva = Chemistry of solid fuel*, 2, pp. 19-24. (In Russ.)
- Balushkina N.S., Kalmykov G.A., Kiryukhina T.A., Korobova N.I., Korost D.V., Soboleva E.V., Stupakova A.V., Fadeeva N.P., Khamidullin R.A., Shardanova T.A. (2013). Regularities of structure of the Bazhenov Formation and the Upper Abalak suite in connection with oil production prospect. *Geologiya nefi i gaza = Geology of oil and gas*, 3, pp. 48-61. (In Russ.)
- Bartashevich O.V., Zhmur S.I., Emets T.P. (1982). Oil and gas source potential of oil shale platform Paleozoic. *Sovetskaya geologiya = Soviet geology*, 8, pp. 9-14. (In Russ.)
- Bazhenova O.K., Burlin Yu.K., Sokolov B.A., Khain V.E. (2004). *Geologiya i geokhimiya nefi i gaza [Geology and geochemistry of oil and gas]*. Moscow: Moscow University Press, 415 p. (In Russ.)
- Formatsii goryuchikh slantsev [Formations of combustible shales] (1973). Tallin: Valgus, 150 p. (In Russ.)
- Gazizov M.S. (1971). Karst i ego vliyanie na gornye raboty [Karst and its influence on mining]. M: Nauka, 204 p. (In Russ.)
- Geologiya mestorozhdenii uglya i goryuchikh slantsev SSSR [Geology of coal and combustible shale deposits of the USSR]. (1968). Ed. S.A. Skorobova. Moscow: Nedra, vol. 11, 607 p. (In Russ.)
- Geologiya SSSR. Estonskaya SSR [Geology of the USSR. Estonian SSR]. (1960). Ed. P.Ya. Antropova. Moscow: Gostekhizdat, v. 28, 512 p. (In Russ.)

Gornogeologicheskoe znachenie karsta na Leningradskom mestorozhdenii goryuchikh slantsev [Mining and geological significance of karst in the Leningrad deposit of oil shale]. (1973). Leningrad: Nedra, 304 p. (In Russ.)

Khisamov R.S., Fadeeva N.P., Gilyazetdinova D.R., Korost D.V., Kozlova E.V., Poludetkina E.N. (2015). Study of organic matter and factors contributing to the transformation of the void space of carbonate Devonian sediments of the South Tatar arch. *Sb. Perspektivy uvelicheniya resursnoi bazy razrabatyvaemykh mestorozhdenii, v tom chisle domanikovykh otlozhenii* [Coll. papers: Prospects for increasing the resource base of developed fields, including domanic deposits]. Almet'yevsk: PJSC «Tatneft», pp. 52-64. (In Russ.)

Neruchev S.G. (2007). Uran i zhizn' v istorii Zemli [Uranus and life in the history of the Earth]. St.Petersburg: VNIGRI, 328 p. (In Russ.)

Pommer M., Milliken K. (2015). Pore Types and Pore-Size Distributions across Thermal Maturity, Eagle Formation, Southern Texas. *AAPG Bulletin*, 99(9), pp. 1713-1744.

Shardanova T.A., Fadeeva N.P., Khamidullin R.A., Khomyak A.N. (2017). The pore space of carbon-enriched rocks (at the example of Domanik formation of the South Tatar arch). *Georesursy = Georesources*, Special issue, pp. 125-132. (In Russ.) DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.13>

Yusupova I.F. (1991). A new factor in the autonomous deployment of black shale strata. *DAN*, 316(3), pp. 697-701. (In Russ.)

Yusupova I.F. (2008). Bicarst rocks and their role in geological processes. *DAN*, 420(2), pp. 213-216. (In Russ.)

Yusupova I.F. (2019). The role of organic matter in the formation of the properties of shale deposits. *DANDAN*, 484(2), pp. 32-34. (In Russ.)

Yusupova I.F., Abukova L.A., Abramova O.P. (2007). Losses of concentrated organic matter of rocks during their immersion as a factor of geodynamic stabilization. *DAN*, 414(1), pp. 74-77. (In Russ.)

Yusupova I.F., Abukova L.A. (2008). Resursovosproizvodyashchie, malootkhodnye prirodookhrannye tekhnologii osvoeniya nedr [Resource reproduction, low-waste environmental technologies for the development of mineral resources]. Moscow: Publishing house of RUDN, 71 p. (In Russ.)

About the Authors

Iskra F. Yusupova – PhD (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences

3, Gubkin st., Moscow, 119333, Russian Federation

Natalya P. Fadeeva – PhD (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Petroleum Geology Department

Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

E-mail: fadeeva_nataly@mail.ru

Tatyana A. Shardanova – PhD (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Department of Petroleum Sedimentology and Marine Geology, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Manuscript received 19 March 2019;
Accepted 23 April 2019; Published 20 May 2019