

Расширенная и доработанная версия статьи, опубликованной в журнале «Доклады Академии наук», 2019, том 484, № 2, с. 220–223, DOI: 10.31857/S0869-56524842220-223

Влияние органического вещества сланцевой залежи на ее свойства

И.Ф. Юсупова

Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва

E-mail: iskra.yusupova@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются высокоуглеродистые отложения Прибалтики – горючие сланцы-кукерситы. Подчеркивается объемная значимость органического вещества этих пород, его роль в формировании пустотности, уменьшении мощности, а также в изменении геохимической обстановки (генерации сульфидной серы) и т.д. Результаты изучения влияния органического вещества сланцевых отложений на свойства залежи представляют интерес в различных аспектах: геохимическом, экологическом, литологическом и др., а также при решении некоторых проблем рудной и нефтяной геологии.

Ключевые слова: сланцевая залежь, горючие сланцы, кукерситы, генерация сульфидной серы, Прибалтийский сланцевый бассейн.

Для цитирования: Юсупова И.Ф. Влияние органического вещества сланцевой залежи на ее свойства // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 3(26). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-26.art4>

Введение

Горючие сланцы представляют интерес на всем протяжении своего существования: на ранних этапах как энергетическое и технологическое сырье, на более поздних – как нефтематеринские породы, генерирующие на катагенных глубинах жидкие и газообразные сланцевые углеводороды (УВ). Это дало основания для использования сланценосной толщи Прибалтийского сланцевого бассейна в качестве модели для познания многих процессов и явлений, происходящих в черносланцевых отложениях на разных этапах их существования, а сами горючие сланцы – как прототип нефтематеринских пород, реализующих в определенных условиях свой потенциал.

Главное отличие горючих сланцев от других осадочных пород – повышенное содержание керогена – твердого органического вещества (ОВ). Это обстоятельство не может не отразиться на некоторых параметрах и свойствах этих отложений, важных при решении геологических, эксплуатационных и химико-технологических задач (вопросы литологии, геологии, переработки, подземной газификации и др.).

В данной работе рассматриваются прибалтийские горючие сланцы-кукерситы. Многолетняя эксплуатация этих ископаемых открытыми и подземными выработками дала разнообразную информацию, причем иногда более достоверную, чем получаемую в результате бурения.

Автором данной статьи ОВ кукерситов изучалось в разных аспектах: проявление в карстовых процессах, в создании эпигенетической пустотности, в образовании вторичной сульфидной минерализации, деформационных изменениях сланцевых пластов, возможности утилизации ОВ сульфатредуцирующей микрофлорой; рассматривались и химико-битуминологические особенности ОВ. В частности, была установлена объемная значимость ОВ кукерситов; показано, что более обогащенные ОВ породы в зоне катагенеза могут стать источником нарастающей дислоцированности, более интенсивной, чем в иных участках разреза [1–4].

Общие сведения

Геологическое строение Прибалтийского сланцевого бассейна несложное. Отложения среднего ордовика, мощность которых на Ленинградском месторождении составляет 70–85 м, представлены, в основном, карбонатными породами, содержащими многочисленные, обычно маломощные пласты (до нескольких десятков сантиметров) кукерситов. В пределах сланценой толщи (O_2kk) на долю сланцев приходится около 33% ее мощности, на долю карбонатных пород – 65%, глин – не более 2%. Мощность сланценой толщи около 30 м [5]. По форме это пластовое тело, в отличие, например, от угольно-сланцевого гиганта Фушунь (КНР), где слои твердых каустобиолитов представляют собой синклиналию складку [6, 7]

Масштабы захоронения ОВ сланценой толщи оцениваются в количестве не менее 200 млрд т, в том числе 40–50 млрд т концентрировано в слоях сланцев и около 150 млрд т рассеяно в карбонатных породах [5].

Кукерситы¹ – это углеродистые мергели, состоящие из трех породообразующих компонентов: ОВ, карбонатов и терригенного материала. Кероген этих сланцев (но не сами сланцы) характеризуется постоянным составом; количество ОВ и параметры качества (зольность, теплотворная способность, выход сланцевой смолы при сухой перегонке и др.) находятся между собой практически в линейной зависимости.

¹ Залегающие ниже диктиомеловые сланцы (O_1pk) здесь не рассматриваются.

Параметры качества меняются в значительных пределах, что обусловлено, в основном, изменчивостью концентраций ОБ [8].

Пласты кукерситов переслаиваются с глинисто-карбонатными породами, которые зачастую тоже содержат ОБ (табл. 1).

Таблица 1

Типы пород, слагающих промышленный пласт Ленинградского месторождения горючих сланцев [5]

Наименование породы	Среднее содержание породообразующих компонентов, %		
	карбонатные	терригенные	кероген (ОБ)
Горючий сланец	40	25	35
Горючий сланец глинистый	45	40	15
Известняк керогенсодержащий	75–80	15	5–10
Глинистый известняк	80	20	–
Мергель	60	40	–

Сланцевая залежь – это сближенные пласты кукерситов в нижней части сланценосной толщи; они образуют так называемый промышленный пласт (промпласт) мощностью около 2 м. Глубина залегания промпласта в разрабатываемой части бассейна от 30 до 200–250 м [8]. Содержание ОБ в кукерситах колеблется в широких пределах, достигая 40 мас.% и более; ОБ – гетератомное, высокомолекулярное – с элементным составом (%): С – 76,5–77,5; Н – 9,4–9,9; N – 0,2–0,5; S – 1,2–2,0; C1 – 0,5–0,9; O – 9,0–11,0; степень преобразованности – ранний катагенез [5]. ОБ кукерситов сингенетичное, представленное детритными и сорбированными формами. В редких случаях присутствует и эпигенетическое ОБ, представленное включениями твердых (реже жидких) битумов; их природа дискуссионна [9].

Большинство кукерситов не обладает присущей сланцам слоистостью и способностью распадаться на тонкие пластинки при выветривании; однако встречаются и слоистые разности [5].

Характер нахождения ОВ в структурно-текстурном каркасе сланцев имеет практическое значение. Так, отмечено, что гнездообразное размещение в кукерситах ОВ влияет на условия горения и термического разложения [5].

Наличие повышенных содержаний ОВ в кукерситах предопределяет ряд особенностей, в том числе цветовые и физико-механические, как самих сланцев, так и залежи.

Цвет. При содержании ОВ порядка 5–10% карбонатные породы сланценосной толщи приобретают бежевую окраску. В целом цветовая гамма кукерситов ограничивается светло-коричневыми тонами [8, 10].

В отдельных участках рассматриваемой залежи (чаще в так называемых структурно-деформационных зонах) кукерситы в горных выработках иногда документируются как «почерневшие», «черные», «порченые» сланцы. Они содержат меньше ОВ; в самом ОВ понижены содержание водорода, теплотворная способность и т. д. Здесь изменение цвета (и ухудшение качества) объясняется частичной потерей ОВ под воздействием совокупности факторов, в том числе избирательной утилизацией ОВ сульфатредуцирующей микрофлорой. В данном случае относительная потеря ОВ носит не столько количественный, сколько качественный характер: состав оставшейся части не соответствует исходному [11].

ОВ как фактор плотностных и объемных особенностей кукерсита. Известно, что органическое вещество отличается от минерального пониженной плотностью, равная примерно 1 кг/дм^3 , поэтому значительные концентрации ОВ обуславливают пониженную плотность кукерситов. Например, при содержании в них 30% ОВ плотность этих сланцев составляет около $1,8 \text{ кг/дм}^3$. Тесные корреляционные связи между содержанием ОВ и плотностью высокоуглеродистых пород установлены также в сланцах Грин-Ривер, в отложениях баженской свиты [12 и др.].

Пониженная плотность ОВ предопределяет его объемную значимость: при равных весовых содержаниях органического и минерального вещества на долю ОВ приходится больший объем. Поэтому объемные соотношения компонентов в кукерситах не совпадают с весовыми. Например, весовые содержания ОВ (35%) и карбонатов (40%) в усредненном кукерсите близки (табл. 2), но в объемном отношении главенствующая роль принадлежит ОВ (54%), а на долю карбонатов приходится всего 25% [1].

Таблица 2

Несоответствие весовых и объемных содержаний в кукерситах

Содержания	Усредненный состав кукерситов, %		
	ОВ	карбонаты	терригенные компоненты
Весовые [6]	35	40	25
Объемные*	54	25	21
<i>*при расчете принимались значения плотности: ОВ – 1,0 мас.%, карбонаты – 2,5 мас.%, терригенные компоненты – 2,0 мас.%.</i>			

Объемная значимость ОВ обуславливает следующие особенности рассматриваемых пород:

а) более существенный вклад ОВ в мощность кукерситовых пластов;

б) более «терригенный» состав кукерситов (см. табл. 2) по сравнению с весовыми соотношениями: по последним резко преобладали карбонаты (эти особенности представляются важными при оценке нефтегазоматеринского потенциала подобных отложений);

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

Роли ОВ в формировании вторичной пустотности посвящены многие работы [1, 2, 13, 14 и др.]. В частности, установлено, что в участках подземной карстовой денудации потеря ОВ кукерситами была более значимой, чем потеря ими карбонатов [1].

Влияние органического вещества кукерситов на их прочность. Рассматриваемая сланцевая залежь характеризуется неоднородностью строения, выражающейся в переслаивании пород с различными физико-механическими свойствами, в том числе с резко различной прочностью [15]. По акустическим параметрам в залежи выделяются два различных типа слоев – высокоскоростные (известняки) и низкоскоростные (сланцы). Это позволяет характеризовать залежь как обобщенный волновод для относительно низкочастотных колебаний или как совокупность нескольких волноводов для высокочастотных колебаний [16].

Прочностные показатели таких поликомпонентных образований, как кукерситы, зависят от многих факторов: пространственного соотношения слагающих компонентов (с разными физико-механическими свойствами), их количества и размера (крупности), степени цементации между ними, наличия конкреционных тел² и других неоднородностей, а также от масштабного фактора (определение физико-механических свойств в образце или массиве). Некоторые из этих факторов (или их совокупности) обуславливают изменение вещественного состава размерных фракций при размоле сланца, что имеет практическое значение при комплексном их использовании. Так, наиболее обогащенной ОВ будет фракция 50–200 мк, карбонатами – крупнее 200 мк, силикатами – мельче 50 мк [6].

Тем не менее установлено, что повышенное содержание ОВ предопределяет пониженную прочность кукерситов. Для шахт Ленинградского месторождения прочность пород залежи составляет: для кукерситов 200–300 кг/см² (при влажности 7–13%), известняков – 440–650 кг/см² [11]. Однако некоторые исследователи считают, что разброс значений прочности у сланцев больше, чем у известняковых прослоев [15]. Таким образом, переслаивание кукерситов и известняков создает и плотностную, и прочностную анизотропию залежи, обуславливая своеобразие ее существования в массиве. 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, где в результате карстовой агрессии разрушалось ОВ сланцев (и карбонаты), кукерситы быстрее, чем известняки, теряли свою целостность.

Изменчивость концентраций ОВ (и других породообразующих компонентов) в той или иной степени присуща многим сланцам [17]. Она фиксируется как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Например, в горючих сланцах Грин-Ривер бедные и богатые по содержанию ОВ пропластки могут сменять друг друга по разрезу на расстоянии нескольких дюймов³ [12].

В пластах кукерситов ОВ представлено в виде как равномерного насыщения слоев, так и неравномерного (прослой, линзы, гнездообразные скопления и др.); микрокомпоненты ОВ (таломоальгинит, коллоальгинит и др.) тоже могут отличаться по

² Сравнение материалов бурения и данных шахтной геологии показало, что в первом случае имеет место частичное истирание кукерситов конкрециями [5]. Это пример того, что результаты буровых работ могут искажать мощность высокоуглеродистых пород; в конечном счете, оценка нефтегазоматеринского потенциала подобных отложений может оказаться заниженной.

³ 1 дюйм = 2,54 см (*прим. ред.*).

содержанию органического углерода. Изменчивость концентраций ОВ создают и текстурные неоднородности, локальные замещения и выклинивания пластов, ходы илюедов, конкреции, остатки фауны беспозвоночных. Последние разнообразны и многочисленны, местами переполняют породу; заметную роль играет перетертый неопределимый детрит. Распределение известковых конкреций тоже неравномерно (иногда увеличивается к верхней части слоя), их форма разнообразна, размеры сильно колеблются: по материалам шахтной геологии их длина на Ленинградском месторождении составляет 40–50 см, ширина – 15 см; иногда высота превышает длину и ширину. Конкреции в некоторых сланцевых слоях составляют по весу 15–20% и даже 40–50%, что заметно определяет изменчивость содержаний ОВ в пределах пластов, прочность и другие параметры [10]. Кстати, конкреционные образования фиксируются во многих высокоуглеродистых толщах. Так, в доманиковых отложениях Припятской впадины и Южного Тимана они достигают значительных размеров, в керне иногда отождествляются со слоистостью; конкреционная природа таких тел становится очевидной лишь после их изучения в обнажениях и горных выработках [18, 19].

Неоднородность разреза демонстрируют и данные геофизических исследований: состав сланцев по керну (теплотворная способность и другие параметры) и в объеме, окружающем скважину, может заметно различаться [16].

На Эстонском месторождении содержание ОВ колеблется в пределах 11,5–68,4% (среднее 18,2–45,0%), на Ленинградском – 8,9–56,3% (среднее 14,9–46,0%) [8].

Такая концентрационная неоднородность ОВ (наряду с его повышенными содержаниями) предопределяет в сланцевом пласте плотностную и прочностную анизотропию, иногда довольно заметную. Она выражается мозаичным распределением в пласте участков с разными плотностно-прочностными параметрами, что обуславливает разную устойчивость к дроблению, измельчению при эксплуатации, а также особенности пиролитической деструкции ОВ в термоградиентных полях при термических способах внутрипластовой подземной добычи твердых каустобиолитов.

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 мощности и образование пустотности в ходе катагенеза сделают такой пласт «разнодеформированным» (деформационная анизотропия); флюидоразрывы и

образование микротрещиноватости тоже будут иметь свою специфику. Таким образом, плотно-прочностная анизотропия сланцевых пластов – залог их фильтрационной неоднородности при уменьшении массы ОВ.

Более наглядно эти явления будут иметь место на участках «сверхконцентраций» ОВ. Характер распределения ОВ в кукерситовой залежи позволяет говорить о возможном существовании в пласте микро- и макроучастков с минеральной (органо-минеральной) и с углеродистой⁴ (органической, керогеновой) матрицей (скелетом, каркасом) [8]. Например, в пласте отмечены содержания ОВ, равные 23,1 и 66,1% по весу (центральный участок Эстонского месторождения). С учетом малой плотности ОВ это соответствует примерно 30 и 80% объема; естественно, во втором случае матрица будет сложена в основном керогеном. В этих участках ОВ сланцев будет выступать основной массой, в которую погружены минеральные примеси (что наблюдалось автором при изучении кукерситов под микроскопом).

В силу усреднения данных не представляется возможным судить о размерах участков с углеродистой матрицей внутри кукерситовых пластов.

Хотя концентрационная изменчивость компонентов, слагающих породу, широко распространена в природе, тем не менее в литологических исследованиях она нередко скрадывается в ходе усреднения данных. Поэтому, несмотря на обилие опубликованных данных по содержанию ОВ, например, в кукерситах, картина изменчивости концентраций ОВ от точки к точке в промпласте воспроизведению не поддается. Это объясняется тем, что в литературе обычно представлены крайние (максимум и минимум) и средние значения этого параметра. Такая подача аналитических данных, которая зачастую снижает их информативность, не всегда оправдана (особенно в случае резкой дифференциации параметров). По мнению некоторых исследователей, усреднение содержаний ОВ (и других параметров) делает условными многие построения и расчеты, например, по разуплотнению пород баженовской свиты [20] и др.

Аналитические определения ОВ в кукерситах – это результат усреднения пробы, в которую при прочих равных условиях могут попасть конкреционные, пиритизированные включения, раковинный детрит и другие неоднородности пласта. Такие пробы нередко способны исказить (снизить, сивелировать) повышенные содержания ОВ в отдельных

⁴ В этом случае ОВ является основной составляющей, а минеральное вещество – примесью; определение кукерсита как породы, «имеющей известковый каркас, внутри которого размещается ОВ с примесью терригенного материала» [8] для некоторых разновидностей этих пород не может считаться корректным.

объемах опробованного интервала пласта; они не фиксируют градиент концентраций [16].

Роль ОВ кукерситов в карстовании пород сланцевой залежи. В отдельные периоды своего существования сланцевая залежь в локальных участках подвергалась воздействию карбонатного карста. Благодаря наличию ОВ карстование эпизодически осложнялось биогенным восстановлением сульфатов; ОВ кукерситов утилизировалось сульфатредуцирующей микрофлорой. Сланцы теряли свое ОВ (и карбонаты); они постепенно превращались в «почерневшие» разновидности, неравномерно сокращались в мощности, деформировались. Происходили литологические, геохимические (образования H_2S , CO_2 и др.) и деформационные (трещиноватость, нарушение целостности пластов и др.) изменения сланцевой залежи. В карстовании кукерситов принимали участие все факторы карстовой агрессии: механический, химический, биогенный. Всего от карстовой агрессии разрушилось около 2% залежи [1, 2, 11 и др.].

Подчеркнем следующее. По аналогии с известными видами карста, выделенными по составу разрушающегося материала (карбонатный, сульфатный, соляной, силикатный и др.), было предложено различать «углеродистый» карст, при котором в подземной гидросфере разрушаются пороодообразующие концентрации твердого ОВ, в нашем случае, кукерситов. Эти сланцы признаются не просто карстующимися, а «бикарстующимися», так как в результате карстовой денудации они теряют два пороодообразующих компонента: карбонаты и ОВ [1]. В участках заметной убыли ОВ кукерситы теряют свой «горючсланцевый» статус, превращаясь в обычные осадочные породы. В этих участках сланцевая залежь перестает быть таковой. ОВ, предопределившее существование сланцевой залежи в этих участках, стало причиной ее разрушения.

Факт неплохой сохранности карбонатных прослоев, разделяющих пласты закарстованных кукерситов, свидетельствует о существовании в земной коре условий, при которых породы, подобные кукерситам, могут быть более уязвимыми и разрушаться стремительнее, чем вмещающие их породы.

ОВ кукерситов как объект воздействия подземной гидросферы. Результаты разностороннего изучения ОВ твердых каустобиолитов, в том числе и кукерситов, привели к допущению, что наряду с сингенетичными битумоидами, в них могут присутствовать растворимые органические соединения иного происхождения. В частности, развиваются представления о том, что утилизация (биodeградация) ископаемого ОВ природной микрофлорой в подземной гидросфере сопровождается

образованием новых ОВ, в том числе и УВ. Приводятся примеры анаэробного усвоения микроорганизмами угольного ОВ в недрах (с выделением CH_4), возможности генерации биогенного сланцевого газа метанпроизводящей микрофлорой в метаморфических сланцах амфиболитной стадии [21, 22 и др.].

Для кукерситов предлагается два возможных механизма образования «новых» органических соединений: а) привнос и/или преобразование керогена подземными водами, фильтрующимися через залежь; приводятся доводы в пользу гидротранспортного происхождения некоторых компонентов битумоидов кукерситов; б) воздействие микроорганизмов (бактерий, актиномицет, низших грибов и др.) на керогеновую составляющую сланцев.

Заключение

Породообразующие концентрации ОВ обеспечили обычным осадочным породам (в нашем случае мергелям) статус горючих сланцев; последние предопределили и существование в определенном объеме земной коры сланцевой залежи.

Наличие ОВ выделяет породы сланцевой залежи по цвету, плотности, прочности, теплотворной способности и другим физико-химическим и механическим параметрам.

Изменчивость концентраций ОВ обуславливает изменчивость многих параметров и плотностно-прочностную анизотропию как самих кукерситов, так и вмещающей их сланцевой залежи. Она выражается мозаичным распределением в пластах участков с различными свойствами (качественными, деформационными и др.). Картина изменчивости свойств в пласте кукерситов при усреднении аналитических данных воспроизведению не поддается.

Изменчивость концентраций ОВ в кукерситах лишает многие выводы однозначности – так, вывод об объемной значимости ОВ в рассматриваемых горючих сланцах, как правило, ограничивается рамками конкретных соотношений для породообразующих компонентов.

Эпизодическое вовлечение ОВ кукерситов в процессы сульфатредукции превращало отдельные участки сланцевой залежи в арену генерации сульфидной серы. Одно из следствий этого явления – утрата сланцами ОВ и карбонатов. ОВ кукерситов, как твердый компонент литосферы, на этих участках практически полностью исчезло. Горючие сланцы превратились в обычные осадочные породы, а сланцевая залежь перестала считаться таковой.

Статья написана в рамках выполнения государственного задания (тема «Развитие научно-методических основ поисков крупных скоплений УВ в неструктурных ловушках комбинированного типа в пределах платформенных нефтегазоносных бассейнов», № АААА-А19-119022890063-9).

Литература

1. Юсупова И.Ф. Бикарстующиеся породы и их роль в геологических процессах // ДАН. 2008. Т. 420, № 2. С. 213–216.
2. Абукова Л.А., Юсупова И.Ф., Абрамова О.П. Роль органического вещества сланцевой залежи в формировании ее проницаемости на раннем катагенном этапе // Химия твердого топлива. 2014. № 2. С. 19–24. <https://doi.org/10.7868/S0023117714020029>
3. Абукова Л.А., Абрамова О.П., Юсупова И.Ф. Геохимия поровых растворов пород с концентрированным органическим веществом // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. Актуальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа: Материалы VII Междунар. конф. М., ГЕОС, 2004. С. 13–15.
4. Юсупова И.Ф. Роль органического вещества в формировании свойств сланцевой залежи // ДАН. 2019. Т. 484, № 2. С. 220–223. <https://doi.org/10.31857/S0869-56524842220-223>
5. Формации горючих сланцев / Под ред. Б.А. Котлукова, С.С. Баухова. Таллин: Валгус, 1973. 150 с.
6. Геология СССР. Эстонская ССР / Под ред. П.Я. Антропова. М.: Гостехиздат, 1960. Т. 28. 512 с.
7. Wu C., Yang Q., Zhu Z. et al. Thermodynamic analysis and simulation of coal metamorphism in Fushun Basin, China // Intern. J. Coal Geol. 2000. Vol. 44. P. 149–168. [https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(00\)00008-2](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(00)00008-2)
8. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР / Под ред. С.А. Скрябина. М.: Недра, 1968. Т. 11. 608 с.
9. Барташевич О.В., Жмур С.К., Емец Т.П. Нефтегазоматеринский потенциал горючих сланцев платформенного палеозоя // Советская геология. 1982. № 8. С. 9–14.
10. Данилова Г.А., Дубарь Г.П., Кирюков В.В., Майоров Н.Ф. Сланценосная толща и геология карста Ленинградского месторождения горючих сланцев // Горно-геологическое значение карста на Ленинградском месторождении горючих сланцев: Сб. ст. Л.: Недра, 1973. С. 16–53.

11. Газизов М.С. Карст и его влияние на горные работы. М.: Наука, 1971. 204 с.
12. Фертль В.Х. Оценка горючих сланцев с помощью каротажа // Горючие сланцы: Сб. ст. Л.: Недра, 1980. С. 186–197.
13. Балушкина Н.С., Калмыков Г.А., Кирюхина Т.А. и др. Закономерности строения баженковского горизонта и верхов абалакской свиты в связи с перспективами добычи нефти // Геология нефти и газа. 2013. № 3. С. 48–61.
14. Pommer M., Miliken K. Pore types and pore-size distribution across thermal maturity, Eagle Ford Formation, southern Texas // AAPG Bulletin. 2015. Vol. 99, No. 9. P. 1713–1744. <https://doi.org/10.1306/03051514151>
15. Дашко Р.Э. Характеристика прочности пород промышленного пласта и непосредственной кровли на Ленинградском месторождении горючих сланцев // Горно-геологическое значение карста на Ленинградском месторождении горючих сланцев: Сб. ст. Л.: Недра, 1973. С. 80–94.
16. Методы и критерии промышленной оценки минерально-сырьевой базы сланцедобывающих предприятий / Под ред. И.П. Иванова, А.С. Левина. Л.: Недра, 1984. 172 с.
17. Цветков Л.Д., Киселева Н.Л., Цветков Д.Л. Нефтегазоматеринские толщи мира. Ярославль: Аверс Плюс, 2015. 492 с.
18. Сахибгареев Р.С. К вопросу о литификации битуминозных карбонатных отложений // ДАН СССР. 1976. Т. 227, № 2. С. 451–454.
19. Юдович Я.Э. Геохимия черных сланцев. Л.: Наука. 1988. 272 с.
20. Москвин В.И. О некоторых явлениях, сопутствующих нефтеобразованию в баженковской свите Западной Сибири // Геология и геофизика. 1983. № 11. С. 54–61.
21. Оборин А.А., Рубинштейн Л.М., Хмурчик В.Т. О концепции организованности подземной биосферы в земной коре платформенного типа // Генезис углеводородных флюидов и месторождений: Сб. тр. / Под ред. А.Н. Дмитриевского, Б.М. Валяева. М.: ГЕОС, 2006. С. 93–102.
22. Цветкова Н.Л. Возможный генезис метана в палеопротерозойском черносланцевом комплексе района Оутокумпу, Финляндия // Инновационные технологии прогноза, поисков, разведки и разработки скоплений УВ и приоритетные направления в развитии ресурсной базы ТЭК России: Тез. докл. XIX Губкинских чтений. М.: РГУНиГ, 2011.

The effect of organic matter of a shale formation on its features

I.F. Yusupova

Oil and Gas Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow
E-mail: iskra.yusupova@yandex.ru

Abstract. The article examines the high-carbon sediments of the Baltic region. It underlines the volumetric significance of the organic matter of these formations, its role in forming of cavernosity, decrease in thickness, as well as alteration of geochemical conditions (sulphide sulphur generation), etc. The results of studying these formations are of multifold interest: in geochemical, ecological, lithological and other aspects, as well as for finding solutions for some issues of mining and petroleum geology.

Keywords: shale formation, combustible shales, kukersites, strength, volumetric significance of organic matter, sulphide sulphur generation, shale formation fracturing, Baltic Oil Shale Basin.

Citation: *Yusupova I.F.* The effect of organic matter of a shale formation on its features // Actual Problems of Oil and Gas. 2019. Iss. 3(26). <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2019-26.art4> (In Russ.).

References

1. *Yusupova L.F.* Bicarsting rocks and their role in geological processes // Doklady Earth Science. 2008. Vol. 420, No. 1. P. 567–570. <https://doi.org/10.1134/S1028334X08040090>
2. *Abukova L.A., Yusupova I.F., Abramova O.P.* Role of the organic matter of a shale layer in the formation of its permeability at the early catagenic stage // Solid Fuel Chemistry. 2014. Vol. 48, No. 2. P. 92–97. <https://doi.org/10.3103/S0361521914020025>
3. *Abukova L.A., Abramova O.P., Yusupova I.F.* Geochemistry of detached water of concentrated organic matter formations // New ideas in geology and geochemistry of oil and gas. Topical issues of geology and geochemistry of oil and gas: Proceedings of the 7th International conference. Moscow: GEOS, 2004. P. 13–15. (In Russ.).
4. *Yusupova I.F.* The role of organic matter in formation of the properties of a shale deposit // Doklady Earth Science. 2019. Vol. 484, No.1. P. 89–91. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19010161>
5. Formations of combustible shales / Ed. B.A. Kotlukov, S.S. Baukhov. Tallinn: 1973. (In Russ.).
6. Geology of USSR. Estonian SSR / Ed. P.Ya. Antropov. Moscow: Gostekhizdat, 1960. Vol. 28. 512 p. (In Russ.).
7. *Wu C., Yang Q., Zhu Z.* et al. Thermodynamic analysis and simulation of coal

metamorphism in Fushun Basin, China // Intern. J. Coal Geol. 2000. Vol. 44. P. 149–168.
[https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(00\)00008-2](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(00)00008-2)

8. Geology of coal and combustible shale deposits of the USSR / Ed. S.A. Skrobov. Moscow: Nedra, 1968. Vol. 11. 608 p. (In Russ.).

9. *Bartashevich O.V., Zhmur S.K., Emets T.P.* Oil and gas source potential of combustive shales of Paleozoic platform // Sovetskaya Geologiya. 1982. No. 8. P. 9–14. (In Russ.).

10. *Danilova G.A., Dubar' G.P., Kiryukov V.V., Mayorov N.F.* Shale-bearing stratum and geology of karst of the Leningrad oil shale field // Mining and geological significance of the karst in the Leningrad oil shale field: Collected papers. Leningrad: Nedra, 1973. P. 16–53. (In Russ.).

11. *Gazizov M.S.* Karst and its influence on mining activity. Moscow: Nauka, 1971. 204 p. (In Russ.).

12. *Fertl W.H.* Evaluation of oil shales using geophysical well-logging techniques // Developments in petroleum science. Vol. 5. Oil shale. Amsterdam: Elsevier, 1976.
[https://doi.org/10.1016/S0376-7361\(08\)70050-5](https://doi.org/10.1016/S0376-7361(08)70050-5)

13. *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.* Regularities of structure of Bazhenov Horizon and upper parts of Abalak Suite in view of oil production prospect // Geologiya Nefti i Gaza. 2014. No. 3. P. 48–61 (In Russ.)/

14. *Pommer M., Miliken K.* Pore types and pore-size distributions across thermal maturity, Eagle Ford Formation, southern Texas // AAPG Bulletin. 2015. Vol. 99, No. 9. P. 1713–1744.
<https://doi.org/10.1306/03051514151>

15. *Dashko R.E.* Strength characteristics of the rocks of the productive and adjacent strata in the Leningrad oil shale field. Mining and geological significance of the karst in the Leningrad oil shale field: Collected papers. Leningrad: Nedra, 1973. P. 80–94. (In Russ.).

16. Methods and criteria of commercial evaluation of mineral-resource base of shale producers // Ed. I.P. Ivanov, A.S. Levin. Leningrad: Nedra, 1984. 172 p. (In Russ.).

17. *Kiseleva N.L., Tsvetkov D.L., Tsvetkov L.D.* Oil-and-gas source shale formations of the world. Yaroslavl: Avers Plus, 2015. 492 p. (In Russ.).

18. *Sakhibgareev R.S.* On the issue of lithification of bituminous carbonate sediments // Doklady AN SSSR. 1976. Vol. 227, No. 2. P. 451–454. (In Russ.).

19. *Yudovich Ya.E.* Geochemistry of black shales. Leningrad: Nauka, 1988. 272 p. (In Russ.).
20. *Moskvin V.I.* On some phenomena coexisting with oil generation in the Bazhenov formation of Western Siberia // *Geologiya i Geofizika*. 1983. No. 11. P. 54–61. (In Russ.).
21. *Oborin A.A., Rubinstein L.M., Khmurchik V.T.* On the concept for the organization of the subsurface biosphere in platform-type crust // *Genesis of hydrocarbon fluids and fields: Collected papers* / Ed. A.N. Dmitrievsky, B.M. Valyaev. Moscow: GEOS, 2006. P. 93–102. (In Russ.).
22. *Tsvetkova N.L.* Presumable methane genesis in Palaeoproterozoic black shale complex of Outokumpu region, Finland // *Innovative technologies for assessment, prospecting and exploitation of hydrocarbons and guidelines for the development of the resource base of Russian fuel and energy complex: Proceedings of the 19th Gubkin Readings*. Moscow: Gubkin University, 2011. (In Russ.).