

УДК 553.2.624.131

УГОЛЬНЫЕ ЗАЛЕЖИ КАРСТОВО-ЭРОЗИОННЫХ ВРЕЗОВ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА КАК ФАКТОР ГЕОФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ

© 2020 г. Л. А. Абукова^{1,*}, И. Ф. Юсупова¹

Представлено академиком РАН А.Н. Дмитриевским 25.12.2019 г.

Поступило 25.12.2019 г.

После доработки 17.06.2020 г.

Принято к публикации 25.06.2020 г.

Рассматриваются угленосные отложения карстово-эрозионных палеоврезов Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна; глубина их залегания 900–1400 м и более, возраст – ранний карбон. Показана роль угольного органического вещества (ОВ) как флюидогенерирующего компонента в трансформациях геологической среды. Отмечена возможность образования в угленосных породах специфических коллекторов (метанугольных и пирометаморфических). Развиваются представления о катагенной трещиноватости, обусловленной, в том числе, флюидогенерационными потерями ОВ и неравномерным уменьшением мощности угольных пластов. Обращается внимание на другие факторы изменения фильтрационных свойств и трещинной флюидопроводимости (агрессивность некоторых продуктов трансформации ОВ, осаждение эпигенетических минералов, особенности распределения зольности). Сделан вывод о том, что дискретное распространение палеоврезов влияет на особенности циркуляции пластовых вод визейских отложений бассейна, а геохимические и геомеханические особенности угольных масс усиливают геофлюидодинамическую неоднородность этих отложений.

Ключевые слова: уголь, углеводороды, эрозионно-карстовые врезы, трещиноватость, геофлюидодинамическая неоднородность, флюидогенерация

DOI: 10.31857/S2686739720090030

В Волго-Уральском нефтегазоносном бассейне на разных глубинах установлены угольные залежи. Территория их распространения выделяется как Камский угольный бассейн, изучен он слабо и неравномерно. Максимум угленосности зафиксирован в визейских отложениях карбона (C_1); они одновременно являются и нефтегазоносными. Одной из основных структурных форм, к которым приурочены визейские угольные залежи, являются эрозионно-карстовые погребенные палеоврезы в турнейских известняках (рис. 1). Картирование таких врезов связано с определенными трудностями, их фиксация носит фрагментарный характер, уверенно выделяются палеоврезы лишь глубиной 20 м и более; пониженная крепость делает визейские угли уязвимыми при бурении и сказывается на информативности последнего [1]. Однако отложения, заполняющие врезы, считаются резервом восполнения запасов

нефти, а визейские угли – альтернативным источником углеводородного сырья в регионе [2, 3]. Это делает необходимым изучение угленосности палеоврезов.

Палеоврезы – вместилища аллювиально-дельтовых песчано-глинистых отложений, нередко с прослоями углей и углистых сланцев, иногда с продуктами обрушения и оползания сводов и стенок карстовых полостей¹. Глубина залегания врезов – 900–1400 м и более, амплитуда денудации до 60 м (иногда до 100 м). Мощность угольных пластов изменчива, на угольно-нефтяном месторождении Арлан она составляет 5.0–32.4 м на глубинах 1291–1398 м, а на Ульяновской нефтеносной площади вскрыты пласты угля мощностью 7.1–28.9 м. Угли гумусовые, часто с заметной долей липтобиолитовых компонентов; в углях нередко породные прослои; марка углей – Д. Отмечены сильная загазованность и обводненность угленосной толщи [1].

¹ Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: abukova@ipng.ru

¹ Существуют и другие точки зрения на геологическое строение отложений визейского возраста (Т.Е. Ермолова, 2005 и др.).

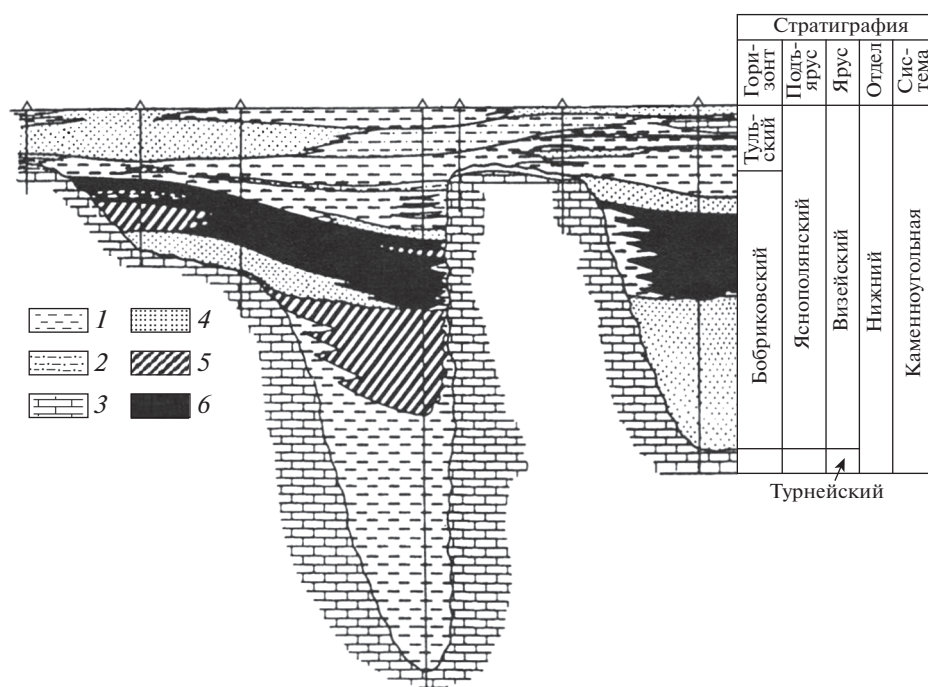


Рис. 1. Палеоврезы как вместилища угольных залежей (Ульяновское месторождение) [1]. 1 – аргиллит, 2 – алевролит, 3 – известняк, 4 – песчаник, 5 – углистый аргиллит, 6 – уголь.

Относительно оценки нефтегазоматеринских возможностей раннего карбона существуют разные мнения. Так, ряд исследователей [4] считают самостоятельными процессы нефтегазогенерации в этих отложениях, в частности, на основании определенного сходства фракций из битумов пород, угля и нефти. К тому же угольное ОВ является значимым флюидогенерирующим компонентом осадочного чехла. Это делает изучение угленосных отложений врезов важным в разных аспектах, в том числе геофлюидодинамическом.

Генерация и отторжение флюидов (H_2O , CO_2 , H_2S , NH_3 , H_2 , CH_4 , а также другие углеводороды) сопутствуют практически всем стадиями углефикации – образованию и существованию угольного ОВ, начиная с накопления торфа и его превращения в бурый, затем каменный уголь [5]. Скопление газов в недрах торфяника иногда сопровождается взрывной дегазацией, выбросом жидкого торфа и даже самовоспламенением газов. Дефлюидизация, самонагревание (и подземное горение) торфяников, последующее появление битумов, высокотемпературных соединений во многом определяют неоднородность состава будущих углей.

На ранних этапах катагенеза доминирующим продуктом углефикационного флюидообразования считается метан (а вместе с ним этан, пропан, углекислота, иногда жидкие углеводороды и др.). Формируются метанугольные коллекторы, специфику которых определяют особенности нахож-

дения в них газов (свободных, сорбированных, водорастворенных) и условия их высвобождения. Для исследований по извлечению газов из таких коллекторов практический интерес представляют и угли дельтово-аллювиального генезиса [6]. Что касается Камского бассейна, то здесь рассматривались перспективы извлечения метана и других углеводородов из визейских углей с применением подземной газификации [1, 3].

В угленосных толщах возможно формирование еще одного типа коллекторов. Они образуются в очагах экзотермического самонагревания углей, где температуры могут достигать величин, достаточных для пиролиза ОВ и даже плавления минеральных компонентов. Уничтожение (полное или частичное) высокими температурами больших масс твердого ОВ в термоградиентных тепловых полях приводит к высвобождению значительного пустотного пространства; его неполное сохранение возможно длительное время [7]. Пирометаморфические коллекторы былых эпох рассматривались нами на примере Канско-Ачинского угольного бассейна [8]; по данным разработки здесь горелые породы гидравлически связаны с угольными горизонтами и имеют высокий коэффициент фильтрации.

С генерацией и отделением флюидов масса твердого угольного ОВ уменьшается, сокращается и мощность угольных пластов. Усадка углей от торфяной стадии до каменноугольной оценивается в 1.5–2.0 раза и более [9]. Изменчивость

мощности и состава угольной массы (зольность, наличие породных прослоев и т.д.) делает усадку угольных пластов и проседание перекрывающих отложений неравномерными; породные прослои деформируются (вплоть до потери целостности). В угольных пластах развиваются трещины кливажа.

Сокращение мощности пластов в результате уменьшения содержания ОВ рассматривалось и ранее, в том числе и нами на примере горючих сланцев, утративших свое ОВ в условиях подземного карста [10, 11]. В палеоврезах Камского бассейна о катагенной усадке визейских углей свидетельствует наличие трещин. По плоскостям наслоения развиты горизонтальные трещины, они образуют широко распространенную пластинчатую отдельность. Вертикальные трещины обычно выполнены кальцитом (реже галитом, сульфидами); фиксируются косорасположенные к наслоению зеркала скольжения с гладкой блестящей поверхностью [1]. Частичная защита пластов во врезках от сжимающих напряжений благоприятствует более заметному проявлению катагенной трещиноватости (по сравнению с тектонической), раскрытию вертикальных трещин, а возможно, и частичной их сохранности от последующего смыкания [2]. Подчеркнем, что катагенную усадку претерпевают все визейские угленосные отложения района – площадные и во врезках. Однако в последних они более заметны и контрастны из-за их прерывисто-дискретного (мозаичного) характера распространения.

Катагенная трещиноватость угольных пластов внесла определенный вклад в вертикальную и латеральную миграцию флюидов в пределах палеоврезов, ослабляя гидродинамическую обособленность пластов, повышая возможность межпластового массопереноса. Геолого-промысловые и палинологические данные свидетельствуют о преимущественно восходящих перетоках [2], а также и о возможности нисходящей миграции флюидов [12].

Для рассматриваемых углей характерны значительные колебания зольности. Так, например, на Ульяновском угольно-нефтяном месторождении она изменяется от 14.7 до 53.4%, а на Ташлыяре-1 – от 7.32 до 41.49% [1]. Такая разница в содержании минеральных частиц (являющихся центрами локальных механических напряжений [13]) делает визейские пласты разнопрочными, неоднородными по трещиноватости и соответственно по фильтрационным свойствам.

Визейские палеоврезы в Камском бассейне – арена разновременных и разнонаправленных процессов; например, наряду с образованием трещин местами происходило их последующее залечивание эпигенетическими минералами. Так, в пределах Ивинской площади по всему разрезу угольной залежи (мощность 6.6 м) отмечается галит, в кро-

вельной части он образует соляную корку. Угольный пласт в данном случае выступает в качестве экранирующего горизонта [14].

Такие изменения трещинной проницаемости вызывают очаговую дестабилизацию гидродинамического режима, в том числе переформирование структуры и элементов фильтрационного потока (изменение направления и скорости фильтрации флюидов, перераспределение пластовых давлений и др.).

Повышению флюидопроводимости в палеоврезах способствовали децементация песчаников и образование суперколлекторов [2]. По нашему мнению, они обязаны своим появлением продуктам трансформации угольного ОВ: органическим кислотам, CO_2 , H_2S , NH_3 и др., которые, как известно, повышают агрессивность среды, усиливают коррозию некоторых минеральных компонентов, формируют подугленосные зоны кислотного выщелачивания, инициируют процессы подземного карста [15]. В нашем случае роль децементации песчаников неоднозначна: наряду с улучшением коллекторских свойств в отдельных случаях она проявляется неустойчивостью стенок скважин и уменьшением дебитов при эксплуатации [2].

Таким образом, дискретное распространение палеоврезов, в том числе угленосных, влияет на характер циркуляции пластовых вод в визейских отложениях Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна. Агрессивное воздействие продуктов дефлюидизации торфяного и угольного ОВ на вмещающие породы, катагенное сокращение мощности (обычно неравномерное) угольных пластов и углистых аргиллитов, а также геохимические, геомеханические особенности самих угольных масс усиливают геофлюидодинамическую неоднородность внутриврезовых отложений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность А.Ф. Масалимовой за помощь в сборе геологических данных.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы “Развитие научно-методических основ поисков крупных скоплений углеводородов в неструктурных ловушках комбинированного типа в пределах платформенных нефтегазоносных бассейнов” (номер гос. регистрации АААА–А19–119022890063–9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Угольная база России. Т. 1. Угольные бассейны и месторождения европейской части России. М.: ЗАО “Геоинформмарк”, 2000. 483 с.

2. *Мухаметшин Р.З.* Палеоврезы и их роль в освоении трудноизвлекаемых запасов нефти. М.: ООО "Геоинформмарк", 2006. 80 с.
3. *Хасанов Р.Р., Ларочкина И.А.* Условия залегания и способы освоения нефтяных и угольных пластов в предвизейских депрессиях Волго-Уральской провинции // Нефтяное хозяйство. 2013. № 1. С. 36–39.
4. *Родионова К.Ф., Ильинская В.В., Проскуракова Е.Б.* Метаново-нафтенновые углеводороды органического вещества пород палеозоя Волго-Уральской нефтегазоносной области // Генезис нефти и газа. М.: Наука, 1968. С. 65–71.
5. *Фриш В.А.* Ландшафтный и структурно-геологический анализ развития болот // Известия Всесоюзного географического общества. 1981. Т. 113. № 2. С. 122–129.
6. *Zou C.N., Yang Z., Tao S.Z., Yuan X.J., Zhu R.K.* Continuous Hydrocarbon Accumulation over a Large Area as a Distinguishing Characteristic of Unconventional Petroleum: The Ordos Basin, North-Central China // Earth-Science Reviews. 2013. V. 126. P. 358–369.
7. *Юсупова И.Ф., Абукова Л.А.* Очаговая теплогенерация в угольно-сланцевых отложениях // Химия твердого топлива. 2017. № 4. С. 24–31.
8. *Абукова Л.А., Юсупова И.Ф.* Коллекторы пирогенной природы как фактор геофлюидодинамической неоднородности // ДАН. 2019. Т. 489. № 3. С. 57–60.
9. *Волков В.Н.* Основы геологии горючих ископаемых. С-Пб.: Изд.С-Пб. ун-та. 1993. 237 с.
10. *Юсупова И.Ф.* Флюидогенерация в осадочных толщах и их дислоцированность // ДАН. 1994. Т. 335. № 3. С. 352–355.
11. *Абукова Л.А., Юсупова И.Ф., Абрамова О.П.* Роль органического вещества сланцевой залежи в формировании ее проницаемости на раннекатегенном этапе // ХГТ. 2014. № 2. С. 19–24.
12. *Лобов В.А., Гроссгейм Д.А.* Прямые доказательства вертикальной миграции нефти и газа в осадочной толще востока Русской платформы // Генезис нефти и газа. М.: Наука. 1968. С. 185–193.
13. *Кизильштейн Л.Я., Шницелз А.Л.* Атлас микрокомпонентов и петрогенетических типов антрацитов. Ростов-на-Дону: Изд-во Северо-Кавказского научного центра. 1998. 254 с.
14. *Хасанов Р.Р., Исламов А.Ф., Богомолов А.Х.* Сравнительная характеристика ультрадисперсной минеральной составляющей ископаемых углей Камского и Донецкого бассейнов // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2013. № 4. С. 18–23.
15. *Михайлов Б.М.* Рудоносные коры выветривания. Л.: Недра. 1986. 239 с.

KARST-EROSION DOWN-CUTTING COALFIELDS OF THE VOLGO-URAL OIL-AND-GAS BEARING BASIN AS A FACTOR OF GEOFLUIDODYNAMIC HETEROGENEITY

L. A. Abukova^{a,#} and I. F. Yusupova^a

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

[#]E-mail: abukova@ipng.ru

Presented by Academician of the RAS A.N. Dmitrievsky December 25, 2019

Coal-bearing deposits of karst-erosion paleo-down-cuttings of the Volga-Ural oil-and-gas bearing basin are considered; the depth of their occurrence is 900–1400 m and more, age-early carbon. The role of coal organic matter (OM) as a fluid-generating component in the geological environment transformation is shown. The possibility of specific reservoirs (methane-coal and pyrometamorphic) formation in coal-bearing rocks is noted. The possibility of specific reservoirs (methane-coal and pyrometamorphic) formation in coal-bearing rocks is noted. The concepts of catagenetic fracture density are developed; it is due to the fluid-generating losses of OM and the unequal decrease of the coal-bearing layers thickness. Focused on the other factors of changes in the filtration properties and fractured fluid conductivity (aggressiveness of some OM transformation products, deposition of epigenetic minerals, features of zoning allocation). It is concluded that the discrete distribution of paleo down-cuttings affects on the formation water circulation features of the Visian sediments of the basin, and the geochemical and geomechanical features of coal masses increases the geofluidodynamic heterogeneity of these sediments.

Keywords: coal, hydrocarbons, karst-erosion down-cuttings, fracturing, geofluidodynamic heterogeneity, fluid-generating