

2. Brodskij A.Ja., Zaharchuk V.A., Tokman A.K. Tektono-sedimentacionnyye osobennosti produktivnogo rezervuara AGKM [Tektono-sedimentatsionnyye of feature of the Astrakhan gas-condensate field's productive tank]. *Sbornik trudov ANIPGaz* [Collection of works of Astrakhan Research and Design Institute of the Gas Industry], 2004, no. 5, pp. 16–19.

3. Voronin N.I. *Osobennosti geologicheskogo stroenija i neftegazonosnost' jugo-zapadnoj chasti Prikaspijskoj vpadiny* [Features of a geological structure and neftegazonosnost of a south-west part of Precaspian Depression]. Astrakhan: Publishing house AGTU, 2004, 164 p.

РАЗЛОМЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ: НЕ ТОЛЬКО КАНАЛЫ МИГРАЦИИ, НО И ЗОНЫ АККУМУЛЯЦИИ НЕФТИ И ГАЗА

Попков Василий Иванович, доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, профессор

Кубанский государственный университет
350040, Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149
E-mail: geoskubsu@mail.ru

Обосновано, что нефть, мигрирующая по разрывам земной коры, при наличии определенных условий может формировать залежи и зоны нефтегазонакопления жильного типа.

Ключевые слова: разрывы, нефть и газ, миграция, ловушки, аккумуляция, залежь.

FAULTS NOT ONLY MIGRATION CHANNELS, BUT AREA ACCUMULATION OF OIL AND GAS

Popkov Vasilij I., D.Sc. in Geology and Mineralogy, Academician of RANS, Professor

Kuban State University
149 Stavropolskaya st., Krasnodar, Russia, 350040
E-mail: geoskubsu@mail.ru

It is proved that the oil migrating to tear the crust, under certain conditions, can form deposits of oil and gas accumulation zone and vein type.

Key words: Breaks, Oil and Gas, Migration, Trapping, Accumulation, Deposit.

Важная роль разломов земной коры в формировании зон нефтегазонакопления в настоящее время мало у кого вызывает сомнение. При этом им отводится обычно роль каналов вертикальной миграции флюидов. Гораздо реже разломы рассматриваются как возможные вместилища нефти и газа, способные образовывать не только отдельные скопления, но и формировать региональные зоны нефтегазонакопления жильного типа. Наиболее благоприятными для этого представляются глубокозалегающие горизонты земной коры и интервалы осадочного чехла, сложенные низкопроницаемыми породами. В горизонтах с высокими емкостно-фильтрационными свойствами этот процесс будет затушеван за счет более значительной внутрипластовой миграции углеводородов (УВ) от канала миграции.

В настоящее время установлено, что внутрислоистовая миграция флюидов в низкопроницаемых породах находится в прямой зависимости от степени их тектонической трещиноватости. Учитывая локальный (очаговый) характер распространения участков повышенной трещиноватости, а также анизотропию проницаемости трещиноватых пород (проницаемость по вертикали существенно выше, чем по латерали) [1, 7], формирование залежей УВ в низкопроницаемых породах путем дальней латеральной миграции следует считать маловероятным.

Отмечается, что УВ заполняют трещины наиболее поздней генерации, а более ранние выполнены обычно вторичными минералами [2, 4]. Это свидетельствует о поступлении УВ в породы тогда, когда они уже имели низкую проницаемость, практически соответствующую современной. В пользу этого говорит и факт водонасыщенности пор матрицы (не нарушенных трещинами блоков пород) [2, 4]. Следовательно, залежи УВ в низкопроницаемых породах могли сформироваться лишь путем вертикальной миграции по трещинам. Решающая роль зон повышенной трещиноватости в процессах вертикальной миграции УВ подтверждается также приуроченностью месторождений нефти и газа к зонам разломов и к флексурам [7]. Фильтрация флюидов в зонах разломов способствует развитию дополнительных пустот за счет процессов выщелачивания и растворения. Повышенная трещинная и каверновая емкость в таких зонах создает то полезное пространство, которое при благоприятных условиях может служить вмещителем крупных скоплений УВ. Такие залежи характеризуются следующими наиболее общими особенностями [1, 4, 6]:

- 1) отсутствие строгого структурного контроля;
- 2) трудность, а иногда и невозможность проведения ВНК;
- 3) как правило, отсутствие законтурных вод и ограничение залежей зонами отсутствия притоков пластовых флюидов;
- 4) резкие колебания дебитов скважин от нулевых до сотен и более кубических метров в сутки. Они не согласуются с низкими значениями пористости и проницаемости пород. Высокие дебиты характерны для скважин, расположенных в непосредственной близости к разрывным нарушениям.

Перечисленные особенности свидетельствуют о том, что строение залежей в низкопроницаемых породах определяется прежде всего морфологией зон повышенной тектонической трещиноватости, а плотность запасов УВ в различных частях залежей – полезной емкостью всех вторичных пустот.

Морфология зон тектонической трещиноватости, в свою очередь, соответствует в целом морфологии зон разломов. Интенсивность трещиноватости определяется активностью проявления разломов и плотностью сети разрывных нарушений, составляющих зону крупного разлома. Определенное значение имеет и трещиноватость, возникающая в процессе формирования пликативных дислокаций в зонах разломов. Ширина зон повышенной тектонической трещиноватости соответствует в целом ширине зоны разлома и в случае выраженности их системой субпараллельных и оперяющих разрывных нарушений может достигать нескольких километров.

УВ, мигрирующие в разрезе низкопроницаемых пород по таким зонам, в случае возможности свободной разгрузки на дневную поверхность либо не образуют залежей, либо образуют жильные скопления тяжелых нефтей и битумов [3, 6]. В случае затрудненной вертикальной разгрузки могут возникнуть два варианта формирования залежей. Если избыточное давление в зоне

миграции приводит к гидроразрыву какого-либо пласта, УВ имеют возможность латерального проникновения в этот пласт. При этом образуется залежь с весьма сложной морфологией, сочетающей элементы как пластового, так и жильного залегания УВ. Расстояние проникновения в пласт будет зависеть от соотношения величины давления мигрирующих флюидов и сопротивляемости пласта гидроразрыву. Для пластовой части залежи структурный контроль не обязателен. Если же гидроразрыва пластов не происходит, может возникнуть залежь УВ жильного типа, приуроченная к вертикальной зоне трещиноватости.

Условия, способствующие формированию перечисленных типов залежей УВ, могут существовать в разрезах низкопроницаемых пород, залегающих на любых глубинах, но наиболее характерны для глубины более 4000–4500 м, где низкопроницаемые породы доминируют в разрезе. Вдоль флюидопроводящих разломов здесь могут формироваться протяженные зоны нефтегазонакопления, представленные системой описанных выше типов залежей, в большей или меньшей степени разобщенных между собой или же образующих единую залежь с весьма сложным строением. Такие зоны нефтегазонакопления с полным основанием можно назвать жильными, что соответствует как способу их формирования, так и условиям залегания УВ. Глубина насыщения подобных зон будет зависеть от исходной глубины вертикального перетока УВ, их объема и масштаба внутрипластовой разгрузки.

Прекрасной иллюстрацией такого типа залежей могут служить УВ жильные месторождения битумов в Турции (Сегерюк, Хэрбол), штате Юта (США), Колумбии, Мексике, Кубе, Канаде и др., а также Садкинское, Каировское, Велиховское и другие месторождения в России. Представляют интерес и такие данные: на острове Барбадос прослежен непосредственный переход асфальтовой жилы в тяжелую нефть [4]. Аналогичные явления отмечены и на острове Тринидат [6].

Не менее наглядным примером являются некоторые месторождения УВ США. Так, трещиноватость послужила косвенной причиной образования месторождения Дип-Ривер в штате Мичиган (рис. 1). Нефть содержится здесь в узком удлиненном теле пористых доломитов, заключенных в слабопроницаемых известняках верхней части формации роджерс-сити (средний девон), перекрытых глинистой толщей, являющейся крышкой. Предполагают, что эти доломиты образовались в результате воздействия на известняки магниезиальных вод, циркулирующих по зоне трещиноватости в известняках. В непродуктивных скважинах не было обнаружено не только нефти, но и доломитов (в том числе и в скважинах, пробуренных в своде поднятий). Мощность продуктивной толщи – 5–10 м.

Группа месторождений Сципио – Пьюласки – Албион образует узкий и прямой пояс залежей общей длиной более 25 миль и шириной в среднем 3500 футов (рис. 2, 3), т.е. в данном случае можно говорить уже не об отдельной залежи, а о зоне нефтегазонакопления жильного типа. Месторождения открыты в 1957 г. Если Сципио – чисто нефтяное месторождение, то Албион – газонефтяное. Суммарные запасы зоны оцениваются в более 100 млн баррелей нефти и более 200 млрд м³ газа. Нефть и газ добываются из доломитизированных известняков трентон (ордовик). Считают, что доломитизированные известняки приурочены к зоне разлома и имеют вторичное происхождение. Мощность продуктивных горизонтов – 20 м, пористость составляет 5 %, проницаемость – 3–4 мД.

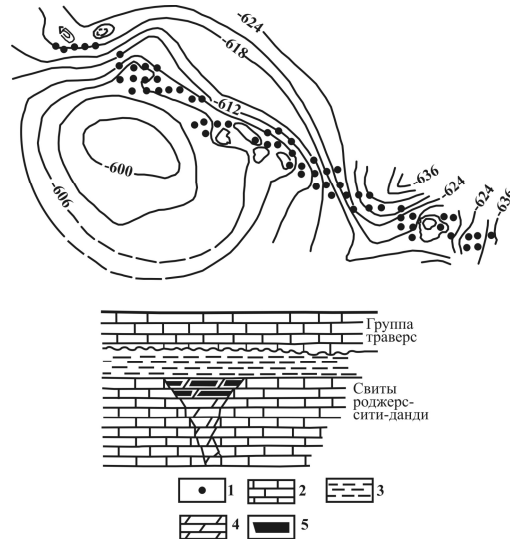


Рис. 1. Структурная карта подошвы группы траверс (девон) и предполагаемый разрез нефтяного месторождения Дип-Ривер (по Лендсу). Условные обозначения: 1 – нефтяные скважины; 2 – известняки; 3 – глины; 4 – пористые кавернозные доломиты; 5 – нефтяная залежь

Зоны тектонической трещиноватости, приуроченные к разрывам, в значительной мере определяют морфологию резервуаров и таких месторождений, как Трентон (запасы 14,8 млн т нефти) и Лима (67,3 млн т нефти), продуктивность которых также связана с известняками ордовика [6].

Таким образом, залежи нефти и газа во вторичных коллекторах, контролируемые зонами разломов, могут занимать любое положение относительно локальных поднятий. Тем самым теряется поисковое значение последних как ловушек УВ, равно как и ведущая роль структурного (наличие антиклинали) фактора в геометризации залежей (конечно, за исключением случаев, когда разрыв проходит через антиклиналь).

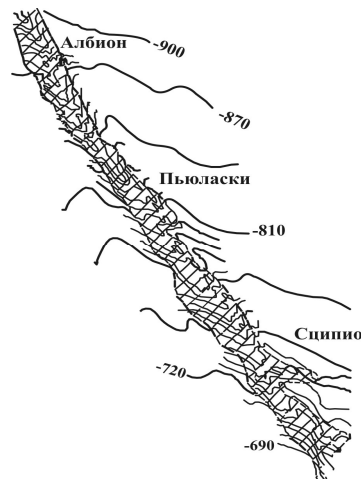


Рис. 2. Структурная карта кровли известняков трентон (ордовик) месторождений Албион, Пьюласки, Сципио (по Верди и др.). Штриховка – площадь продуктивных отложений

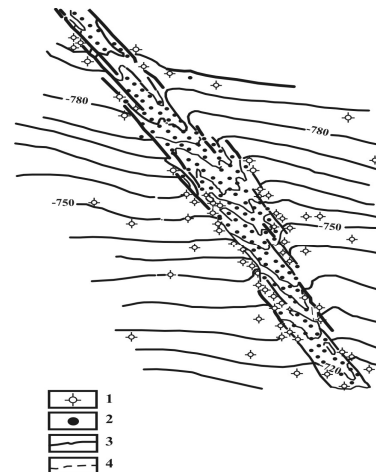


Рис. 3. Структурная карта кровли известняков трентон (ордовик) месторождения Сципио (по Бушу). Условные обозначения: скважины: 1 – непродуктивные; 2 – продуктивные; 3 – изогипсы кровли трентон, в м; 4 – сбросы

Разведка жильных зон нефтегазонакопления потребует новых методических разработок [5]. Поисково-разведочные работы в этих зонах должны ориентироваться не только и не столько на антиклинальные структурные формы, сколько на зоны повышенной тектонической трещиноватости. Представляется эффективным продольно-профильное разбуривание зон в крест их простирания. Большое значение может иметь разработка эффективных геофизических методов выявления зон интенсивной трещиноватости.

В каждом конкретном нефтегазоносном регионе прежде всего должны разведываться те зоны разломов, где залежи УВ уже выявлены. В качестве перспективных могут быть выделены разломы, история развития которых аналогична разломам с установленной продуктивностью. Учитывая вероятную молодость большинства (если не всех) залежей УВ в мире, особое внимание следует уделять разломам, активным на неотектоническом этапе развития территорий. Новейшие движения по разломам успешно выявляются геоморфологическими методами и по данным аэро- и космогеологических исследований. При этом должны учитываться как степень активности, так и степень «закрытости» разлома, оптимальное сочетание которых может создать условия для формирования зон нефтегазонакопления рассматриваемого типа. В случае фрагментарного характера развития разлома во времени, перспективы его следует оценивать отдельно для каждого выделяемого фрагмента.

Таким образом, УВ, мигрирующие по зонам разломов в разрезе низкопроницаемых толщ, при условии затрудненной разгрузки могут формировать зоны нефтегазонакопления жильного типа. Геологические запасы УВ в этих зонах могут оказаться весьма значительными, а их разведка и разработка, несмотря на сложность строения данных зон, могут вестись с высокой эффективностью.

Работа выполнена при поддержке РФФИ: грант 11-05-00857-а.

Список литературы

1. Паламарь В. П. О возможности открытия зон нефтегазонакопления жильного типа / В. П. Паламарь, В. И. Попков, А. А. Рабинович // Доклады АН СССР. – 1981. – Т. 257, № 4. – С. 968–970.
2. Паламарь В. П. Прогнозирование нефтегазоносности и совершенствование методики поисков и разведки скоплений углеводородов в низкопроницаемых породах / В. П. Паламарь, В. И. Попков, А. В. Праздников, А. А. Рабинович // Известия вузов. Геология и разведка. – 1985. – № 3. – С. 107–110.
3. Попков В. И. Дефлюидизация недр и нефтегазоносность глубокопогруженных толщ / В. И. Попков // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. Нефтегазоносные бассейны как саморазвивающиеся нелинейные системы. – М. : МГУ, 1999. – С. 202–203.
4. Попков В. И. Жильные залежи углеводородов / В. И. Попков // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2004. – Приложение. – С. 106–111.
5. Попков В. И. Жильные зоны нефтегазонакопления: условия образования, строения, методика поисков и разведки / В. И. Попков // Генезис нефти и газа. – М. : Ин-т проблем нефти и газа РАН, 2004. – С. 63–72.
6. Попков В. И. Нефтегазоносность трещинно-разрывных зон / В. И. Попков // Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону : мат-лы III региональной конференции. – Ставрополь : СевКавГТУ, 1999. – С. 206–207.
7. Попков В. И. Роль разломов в формировании структуры и зон нефтегазонакопления Южного Мангышлака / В. И. Попков // Труды КазНИПИнефть. – 1979. – Вып. 4. – С. 64–66.

References

1. Palamar' V.P., Popkov V.I., Rabinovich A.A. O vozmozhnosti otkrytija zon neftegazonakoplenija zhil'nogo tipa [About possibility of opening of zones of a neftegazonakopleniye of zhilny type]. *Doklady AN SSSR* [Reports of Academy of Sciences of the USSR], 1981, vol. 257, no. 4, pp. 968–970.
2. Palamar' V.P., Popkov V.I., Prazdnikov A.V., Rabinovich A.A. Prognozirovanie neftegazonosnosti i sovershenstvovanie metodiki poiskov i razvedki skoplenij uglevodorodov v nizkopronitsaemykh porodakh [Forecasting of a neftegazonosnost and improvement of a technique of searches and investigation of congestions of hydrocarbons in low-nontight breeds]. *Izvestija vuzov. Geologija i razvedka* [News of higher education institutions. Geology and investigation], 1985, no. 3, pp. 107–110.
3. Popkov V.I. Defluidizacija nedr i neftegazonosnost' glubo-kopogruzhennykh tolw [Defluidizatsiya of a subsoil and neftegazonosnost of glubo-kopogruzhenny thicknesses]. *Novye idei v geologii i geohimii nefti i gaza. Neftegazonosnye bassejny kak samorazvivajuwiesja nelinejnye sistemy* [New ideas in geology and oil and gas geochemistry. Oil-and-gas pools as spontaneous nonlinear systems]. Moscow: MSU, 1999, pp. 202–203.
4. Popkov V.I. Zhil'nye zalezhi uglevodorodov [Zhilnye of a deposit of hydrocarbons]. *Jekologicheskij vestnik nauchnykh centrov Chernomorskogo jekonomicheskogo sotrudnichestva* [Ecological messenger of scientific centers of the Black Sea economic cooperation], 2004, Prilozhenie, pp. 106–111.
5. Popkov V.I. Zhil'nye zony neftegazonakoplenija: uslovija obrazovaniya, stroeniya, metodika poiskov i razvedki [Zhilnye of a neftegazonakopleniye zone: conditions of education, structure, technique of searches and investigation]. *Genesis nefti i gaza* [Oil and gas genesis]. Moscow, 2004, pp. 63–72.
6. Popkov V.I. Neftegazonosnost' trewinno-razryvnykh zon [Neftegazonosnost of treshchinno-explosive zones]. *Vuzovskaja nauka – Severo-Kavkazskomu regionu* [The High school science – North Caucasian to the region]. Stavropol, 1999, pp. 206–207.
7. Popkov V.I. Rol' razlomov v formirovanii struktury i zon neftegazonakoplenija Juzhnogo Mangyshlaka [Role of breaks in formation of structure and zones of a neftegazonakopleniye of Youzhny Mangyshlaka]. *Trudy KazNIPIneft'* [Works of Kazakh Research and Design Institute of Oil and Gas], 1979, no. 4, pp. 64–66.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕФТИ И ГАЗА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Серебряков Андрей Олегович, старший преподаватель

Астраханский государственный университет
414000, Россия, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: geologi2007@yandex.ru

Серебрякова Валентина Ивановна, аспирант

Астраханский инженерно-строительный институт
414052, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 18
E-mail: geologi2007@yandex.ru

Переработка нефти и газа является сложнейшим геоэкологическим процессом, оказывающим мощное техногенное воздействие на окружающую среду и на природные углеводородные системы. Масштабы и направления геоэкологических процессов техногенеза являются следствием состава и свойств нефти и газа, поступающих на переработку и влияющих на промышленную технологию. Товарная продукция переработки нефти и газа, в свою очередь, представляет геоэкологическую опасность высокого класса. В связи с этим необходимы исследования всех этапов переработки нефти и газа.

Ключевые слова: геоэкология, технология, нефть, газ, Каспийское море.