



УДК 553.98061.43+553.98(262.81)  
ББК 26.3

## РАЗЛОМНО-БЛОКОВОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

*Е.А. Калинина, В.А. Бочкарев, С.Б. Остроухов*

В статье показано, что комплексная интерпретация разнообразной накопленной информации, поддержанной геохимическими, гидродинамическими и другими исследованиями, доказывает сложное (разломно-блоковое) строение каменноугольных и девонских отложений месторождений западного борта Прикаспийской впадины и его платформенного склона. Это способствует формированию благоприятных для скопления углеводородов ловушек, играющих роль подводящих каналов, по которым происходит миграция флюидов из глубокопогруженных отложений.

**Ключевые слова:** сбросы, строение, промышленная геофизика, интерпретация, сейсморазведка, поисковые скважины.

Для западного борта Прикаспийской впадины, включая ее платформенное продолжение, в ряде работ сформулирована концепция разломно-блокового строения осадочного чехла и установлена прямая связь выявленных месторождений с разрывными нарушениями [1–3].

Установление местоположения границ блоков, из которых состоит месторождение, необходимо для оценки геологических и извлекаемых запасов, определения зон разбуривания по технологической схеме разработки, контроля выработки запасов, выбора оптимальной системы поддержания пластового давления с учетом положения границ блоков. Выявление и трассирование сбросов, ограничивающих блоки, является составной частью процесса мониторинга постоянно действующей геолого-гидродинамической модели месторождения. На разных стадиях освоения месторождения степень значимости тех или иных геолого-геофизических и промысловых методов исследований для установления местоположения границ блоков различна.

Несмотря на очевидную важность изучения разломно-блокового характера строения залежей, разрывные нарушения очень редко бывают целевым объектом изучения

ввиду трудности их выделения. При геологическом картировании и других исследованиях существует ряд признаков установления сбросов и сдвигов, которые можно выявить как традиционными прямыми наблюдениями, так и косвенными методами. Ниже, на примере Степного месторождения, показаны пути решения данной проблемы.

На месторождении пробурено 4 скважины. Каждая последующая скважина на месторождении подтверждала сложное строение залежей. Месторождение многопластовое, залежи выявлены в терригенных девонских отложениях (песчано-алевролитовые пласты воробьевского, нижний и верхний пласты пашийского и петинского горизонтов).

По данным сейсмических исследований по профилям 2D, уверенно выделяются наиболее протяженные, секущие всю Степную площадь, продольные сбросы субмеридионального простирания с углом падения плоскости сместителя нарушения в восточном направлении (в сторону регионального погружения отложений).

Трассы данных сбросов продолжают в южном направлении в пределы Кудиновского месторождения. Кроме того, по сейсмическим данным, выделяется один из опережающих крутопадающих диагональных (поперечных) сбросов (ЗС), плоскости сместителей у которых простираются под углом к простиранию пластов и

характеризуются примерно одинаковым перемещением как по падению, так и по простиранию. Как будет показано ниже, на месторождении сейсмическими исследованиями выделяются не все разрывные нарушения.

Для обнаружения нарушений широко используется метод анализа толщин по данным бурения (геофизических исследований скважин). При этом прямым диагностическим признаком сбросов является сокращение в разрезе (или даже выпадение из разреза) толщины пластов, стратиграфических подразделений, тектонические уступы, линейные депрессии, зияющие трещины при комплексной интерпретации материалов геофизических исследований скважин (ГИС).

Так, при корреляции разрезов скважин по кривым ГИС выпадение части разреза может указывать на пересечение скважиной плоскости сместителя нарушения сброса. При этом выпадение пластов посредством изучения каротажных диаграмм можно обнаружить, как правило, в вертикальной скважине, пересекающей нормальный сброс. Сброс изучался путем сравнения разрезов отложений между скважинами 6 и 7 Ольховскими. В скважине 7 выпадает 16 м части разреза воробьевского горизонта, что соответствует наклонной (истинной) амплитуде (или высоте) сброса.

Сброс в скважине 7 Ольховской зафиксирован на глубине 3 106,5 м в образце керна по зеркалу скольжения метаморфизованных пород (исходных алевролитов). В результате чего толщина воробьевского горизонта в скважине 7 сокращена ( $b > b_1$ ) на 16 м, тогда как выше и ниже залегающие пласты имеют равные толщины по обе стороны от сброса ( $a = a_1$ ;  $c = c_1 = c_2$ ;  $d = d_1$ ). Поскольку поперечные сбросы представлены левосторонними кулисами (оперяющие основные (1С и 2С) сбросы), то простирание сброса 4С, установленного по данным ГИС и кернавого материала, принято параллельным простиранию сброса 3С.

Сбросы и сдвиги подразделяются на две большие категории: экранирующие (залеченные) и проводящие (живущие). На Степном месторождении в зависимости от генетической природы разломов они играют ту или иную роль в миграции и перераспределении флюидов: могут представлять собой непроницаемый для флюидов экран либо, напротив, зону повы-

шенной фильтрации вдоль разлома по системе трещин или по зоне брекчированных пород [2]. При рассмотрении ранее Алексеевского месторождения-аналога было установлено, что поперечные крутопадающие (диагональные) сбросы являются экранами, тогда как зоны дробления пологих продольных (субмеридиональных) сбросов – проводниками для вертикальной миграции углеводородов [1; 2].

В плоскости сместителя нарушения, вскрытой в скважине 7 в точке ПСН, при смещении пород происходит интенсивное перетирание, раздавливание, уплотнение и преобразование их физико-химических свойств за счет резкого и кратковременного роста температуры и давлений, образующихся в результате трения пород в плоскости сместителя нарушения. В результате резкого изменения плотности, а также механо-химической и температурной активации, в породах самой плоскости нарушения происходят структурные, текстурные и вещественные преобразования органо-минеральных веществ (растворение под давлением, кристаллизация минеральных форм, рост минералогической плотности и т. д.), создающих и укрепляющих (с каждой новой подвижкой по разрыву) непроницаемые свойства плоскости сместителя нарушения – тектоническая составляющая экранирующей способности сброса.

Если рассматривать сброс в поперечном сечении, то окажется, что он представляет собой сложную систему препятствий для углеводородов и понятие «экран» в данном случае является собирательным термином. В систему экрана входят две основные составляющие, обеспечивающие его надежность: рассмотренный выше тектонический экран в виде самой плоскости сместителя нарушения (зеркала скольжения), а также возникающий в примыкающих к дизъюнктиву породах капиллярный барьер [2].

Скважина 7 Ольховская вскрыла крутой широтный сброс с незначительным наклоном на юг. Малоамплитудные (7–20 м) поперечные сбросы, имеющие незначительные зоны дробления пород и составляющие неотъемлемую часть мелкоблокового строения площади, являются непроницаемыми и не участвуют в перераспределении углеводородов в разрезе каменноугольных отложений. На уровне продуктивных отложений все сбросы являются экра-

нами (закрытыми) для межблоковой (латеральной) миграции пластовых флюидов по разновозрастным пластам. Действительно, в плоскости сместителя нарушения сброса ЗС Степного месторождения сходятся разные значения отметок уровней контактов нефть – вода разновозрастных пластов, и при этом в смежных блоках А и Б фиксируются разные начальные пластовые давления, различные свойства и состав нефтей (газов), расчлененность и песчанность разреза и т. д., что свидетельствует о том, что сброс между А и Б является непроводящим. Так, в блоке А контакт вода – нефть нефтяной залежи верхнего пласта пашийского горизонта установлен на отметке -2 725 м, тогда как в блоке Б на отметке -2 710 м. Таким образом, сброс, разделяющий блоки А и Б, имеет амплитуду смещения пород по плоскости сместителя 15 м. При разноуровневом положении контактов вода – нефть формируется ступенчатый характер разломно-блоковой структуры месторождения. Залежи нефти в сложившихся структурных условиях формируются в ловушках структурно-тектонического типа.

Проводниками для мигрирующих углеводородов являются зоны дробления пород сравнительно пологих региональных субмеридиональных сбросов, имеющих азимут падения плоскости сместителя сбросов в сторону депрессионной части впадины. Такие зоны образуются при многократных смещениях в плоскости сместителя сбросов. Как правило, полость зоны дробления заполнена обломками разрушенных и перетертых пород со стороны движущегося блока. Примыкающие к плоскости сместителя нарушения зоны дробления пород, как правило, обладают высокой проницаемостью (иногда сверхпроводимостью).

Механизм формирования зоны дробления пород в плоскости сместителя нарушения и характер вертикальной миграции по ней углеводородов приведены в работах В.А. Бочкарева и А.В. Бочкарева [1; 2]. В зонах дробления пород, образующихся в опущенном крыле сброса с пологим залеганием плоскости сместителя нарушения, при движении одного крыла относительно другого происходит разрушение, раздробление и истирание зажатых между ними органических и минеральных составляющих компонентов породы, что фиксируется по зеркалам скольжения, разнонаправ-

ленным (преимущественно вертикальным) трещинам, выполненным кальцитом, доломитом и глинистым веществом [2].

В результате формирования проводящих свойств разломов герметичность осадочного чехла нарушается, что способствует вертикальной миграции по возникающим каналам газа и нефти. Имеются и прямые геохимические доказательства вертикальной миграции углеводородов по зонам дробления малоамплитудных сбросов [3]. Мигрирующие по верхней плоскости зоны дробления пород углеводороды при встрече с пластом-коллектором поступают в ловушку, степень заполнения которой определяется наивысшей точкой сечения пласта верхней линией ограничения зоны дробления пород или точкой оттока углеводородов. В результате данный механизм межпластового движения углеводородов по зоне дробления пород в плоскости сместителя нарушения обеспечил формирование многопластового Степного и других месторождений волгоградского сектора западного борта Прикаспийской впадины [2].

Высокая плотность разрывных нарушений и трещиноватость определяют повышенную плотность вертикального миграционного потока углеводородов и, как следствие, высокую плотность их запасов в многочисленных блоках выявленных (Степной, Алексеевский) и еще не установленных структурных трендов, линейно вытянутых вдоль субмеридиональных сбросов. Наряду со структуроформирующей ролью разломов, способствующей формированию благоприятных для скопления углеводородов ловушек, они играют роль подводящих каналов, по которым происходит миграция флюидов из глубокопогруженных отложений [1; 2].

Таким образом, комплексная интерпретация разнообразной накопленной информации, поддержанная геохимическими, гидродинамическими и другими исследованиями, подтвердила сложное (разломно-блоковое) месторождений западного борта Прикаспийской впадины и его платформенного склона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарев, В. А. Моделирование нефтегазоносных объектов / В. А. Бочкарев. – М. : ОАО «ВНИИОЭНГ», 2010. – 246 с.

2. Бочкарев, В. А. Сбросы и сдвиги в нефтегазовой геологии / В. А. Бочкарев, А. В. Бочкарев. – М. : ОАО «ВНИИОЭНГ», 2012. – 221 с.

3. Остроухов, С. Б. Модель строения и формирования залежей углеводородов западного

борта Прикаспийской впадины / С. Б. Остроухов, В. А. Бочкарев // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – 2009. – № 3. – С. 17–24.

## **FAULT-BLOCK STRUCTURE OF FIELDS ACCORDING TO FIELD-GEOPHYSICAL DATA**

*E.A. Kalinina, V.A. Bochkarev, S.B. Ostroukhov*

The article shows that a complex interpretation of diverse information supported by geochemical, hydrodynamic and other studies proves a complex (fault-block) structure of the Carboniferous and Devonian depositions of the fields at the western flank of the Pre-Caspian trough and its platform slope. It promotes formation of hydrocarbons of traps favorable for a congestion, they play a role of bringing channels on which there is a migration of fluids from the deep-shipped deposits.

*Key words:* *fault, structure, field geophysics, interpretation, seismic survey, prospecting wells.*