

Нефтегазоносность Прикаспийской впадины **и смежных регионов**

УДК 553.98 (470.4/5)

НАЙТИ КАРАЧАГАНАК!

© 2019 г. Л. А. Анисимов
ООО "ЛУКОЙЛ – Инжиниринг"

Аннотация: природа бортового уступа Прикаспийской впадины остается одним из наиболее дискуссионных вопросов, имеющих в то же время решающее значение для определения перспектив нефтегазоносности. Успех открытия месторождения Карачаганак в 1979 году до сих пор не повторен, что связано с неоптимальностью моделирования объектов такого рода. Предлагается новый подход к пониманию условий формирования карбонатных массивов во внутренней части впадины как следствие гравитационного сползания пород со стороны бортового уступа. Такой подход позволит более целенаправленно вести работы по поискам структур карачаганакского типа.

Ключевые слова: Прикаспийская впадина, бортовой уступ, гравитационные срывы, Карачаганакский массив.

Анисимов Леонид Алексеевич e-mail: Leonid.Anisimov@lukoil.com

FIND THE KARACHAGANAK!

L.A. Anisimov
LUKOIL – Engineering

Abstract: the nature of the side ledge of the Pre-Caspian depression remains one of the most controversial issues, which at the same time are crucial for determining the prospects of oil and gas potential. The success of the opening of the Karachaganak field in 1979 is still not repeated, related to nonoptimal modeling of such objects. A new approach to understanding the conditions of formation of carbonate massifs in the inner part of the depression as a result of gravitational sliding of rocks from the side of the ledge is proposed. This approach will allow to do more purposeful exploration for karachaganak type structures.

Key words: Pre-Caspian depression, side ledge, gravitational disruptions, Karachaganak massif.

**Кризис геологоразведочных работ
в западной и северной бортовых зонах
Прикаспийской впадины**

В настоящее время в результате геологоразведочных работ сформированы различные ресурсные базы на южной и северной частях Прикаспийской впадины. На фоне гигантских нефтяных и газовых скоплений южной зоны Карачаганакский гигант в северной зоне находится в одиночестве. Неудивительно, что найти Карачаганак-2 остается мечтой российских и казахстанских геологов. Как пишут в своей работе Ф.В. Феоктистов и др. [8], разработанные на уникальных месторождениях Прикаспийской впадины методики и технологии широко применяются для поисков объектов типа Карачаганак, но за 30 лет Карачаганак-2 так и не найден. В Саратовской области такой объект искали на Владимировской, Тимофеевской, Дьяковской, Южно-Дьяковской, Суслинской, Алтатинской, Южно-Алтатинской площадях, на Чёрной Падине, но пока безуспешно. По сопоставлению результатов бурения и сейсморазведки выявлены ошибки структурных, стратиграфических, структурно-формационных, литолого-фациальных, емкостных и фильтрационных моделей, построенных специалистами различных нефтесервисных компаний и отраслевых институтов при подготовке объектов к поисковому или параметрическому бурению. Основная причина ошибок – человеческий фактор, взаимная невостребованность смежных специалистов, отсутствие доступа к фактической информации и нарушение современных отраслевых стандартов.

По мнению специалистов, неоптимальность моделирования объектов типа Карачаганак обусловлена отсутствием геологических аналогий в регионе. Действительно, одиночный рифовый массив огромной высоты и возрастом формирования от поздне-

го девона до ранней перми возник на невыразительном «девонском цоколе», практически на «пустом месте», при отсутствии значимых тектонических предпосылок. Как следствие, геологические и геофизические неоднозначности региональных моделей приводят к различной оценке ресурсной базы, ошибкам в геолого-экономической оценке инвестиционных проектов и общему снижению эффективности ГРП.

**Анализ геологических моделей
западной и северной бортовых зон**

Природа бортового уступа Прикаспийской впадины остается одним из наиболее дискуссионных вопросов, имеющих в то же время решающее значение для определения перспектив нефтегазоносности. Подсолевая часть разреза в северном и западном обрамлении Прикаспийской впадины представлена чередованием фациально-изменчивых карбонатных и терригенных комплексов пород, формирование которых происходило в пределах шельфовой области и во впадине. В последней маломощные терригенные комплексы обрамления в несколько раз увеличивают свою толщину, причем наблюдается резкое обогащение разреза глинистым материалом. Карбонатные комплексы, наоборот, сокращаются в толщине за счет выпадения из разреза отдельных горизонтов в районе бортового уступа. Эти факты привели к формированию двух моделей, объясняющих строение подсолевого разреза, – «депрессивной» и «инверсионной».

Полученные данные о разнообразных фациальных особенностях отложений подсолевого палеозоя и многочисленных перерывах в осадконакоплении, наличие перетолженных пород гравитационного и гидродинамического генезиса в мощных глинистых толщах существенно обостри-

ли дискуссию о строении бортового уступа Прикаспийской впадины. Как справедливо указывал Ю. А. Писаренко [6], накопленный фактический материал – свидетельство разнообразия седиментационных и структурно-тектонических условий формирования подсолевого осадочного чехла, и разные модельные представления определяют необходимость выработки более четкой рабочей концепции, связывающей все факты в единую систему.

Депрессионная модель основывается на том, что погружение впадины и прилегающих к ней территорий отмечается, в основном, с девонского периода. До этого времени юго-восточная часть Русской платформы представляла собой пассивную окраину континента, к которой в девонское время примкнул ряд микроплит, образовав в центре остаток океанического бассейна.

С этого времени впадина заполнилась различными по составу комплексами осадков. К кунгурскому времени впадина приобрела облик крупной кольцеобразной структуры, бортовые части которой достаточно четко фиксируются положением нижнепермских бортовых уступов вдоль ее пассивных окраин, флишеидных и молассовых комплексов вдоль активных. В кунгурском веке процессы соленакопления охватили не только территорию Прикаспийской впадины, но и ее обрамление, в пределах которого оказались погребенными под более молодыми осадками краевые участки Соль-Илецкого и Жигулёвско-Пугачёвского сводов, Рязано-Саратовского прогиба и склона Воронежской антеклизы.

Погружение впадины продолжалось в мезозойское и кайнозойское время, в результате чего у многих геологов сформировался «мрачный депрессионный облик Прикаспийской впадины, как в плане седиментогенеза, так и выделения перспективных на нефть и газ подсолевых объектов» [6].

Инверсионная модель имеет многочисленных сторонников и основывается на фактах о перерывах в разрезах палеозоя и сокращении толщин ряда комплексов, что связывается с размывом пород в сводах поднятий палеовала, протягивающегося вдоль северо-западной границы впадины во внутренней зоне. В общем виде история геологического развития территории и формирование структурного стиля в подсолевых отложениях по этим данным представляется следующим образом. Прикаспийская впадина в палеозое – это обширная перикратонная область накопления осадочных пород. В раннепермское время в заключительный этап герцинского орогенеза происходит активная тектоническая перестройка: прогибание сменилось крупным воздыманием, обусловившим выпадение из разреза мощных толщ среднего, верхнего карбона и нижней перми.

Для северного участка бортовой зоны В. Е. Лацкова [5] рассмотрела аналогичное «выклинивание мощности пород» надверейского комплекса Ровенского, Краснокутского, Карпенского и Ершовского пересечений. На Ершовском направлении отмечается наиболее яркое стратиграфическое несогласие, наибольшее выпадение разреза, вплоть до нижней части верейского горизоннта. Такое же явление отмечено и для Ташлинского выступа фундамента, расположенного восточнее.

Обоснование гравитационной модели бортового уступа

Согласование существующих геологических моделей для Прикаспийской впадины является одним из наиболее важных условий для успешного проведения геологопоисковых работ во внутренней зоне впадины. Само по себе длительное существование двух взаимоисключающих геологических моделей, предложенных высоко-

профессиональными специалистами, хорошо знающими детали геологического строения этой территории, выглядит достаточно странно, поэтому для решения проблемы рассмотрен другой подход к построению геологической модели.

Парадоксально, но факт, принимая концепцию горизонтального перемещения литосферных плит на многие сотни километров, лишь ограниченное число геологов рассматривает возможность перемещения отдельных литологических комплексов внутри осадочной толщи. Причины такого положения, как нам представляется, связаны с тем, что существующие модели предполагают только вертикальные перемещения осадочной толщи и не учитывают возможности горизонтального сдвига отдельных осадочных образований [1].

В настоящее время такие процессы разработаны в рамках гравитационной геодинамики, рассматривающей их как следствие воздействия силы тяжести без участия глубинных конвективных потоков. Как отмечается в трудах по механике гравитационного скольжения, «сама идея о том, что гравитационные силы могут составлять основу движущего механизма крупных тектонических процессов, появилась в ряде публикаций в начале века. Эти сообщения по большей части оставались незамеченными из-за трудностей в понимании механики процессов, а также потому, что в то время все процессы образования складок и надвигов было модно объяснять сжатием коры. В 1930-е годы, после того как в Индонезии была опубликована работа Ван Беммелена и разработаны методы, позволяющие снять ограничения механического характера, к этой идее стали относиться более серьезно. В наше время маятник геологического мнения качнулся так далеко, что некоторые авторы считают гравитацию единственным фактором, определяющим тектонические

процессы на приповерхностных уровнях горных систем» [8].

В отечественной литературе подводнооползневые явления описаны в ряде работ по Кавказу и Апшерону таких крупных исследователей, как А. Д. Архангельский, В. Д. Голубятников, В. А. Гросгейм, Н. Б. Вассоевич, Л. Н. Розанов еще в довоенное время и первые послевоенные годы.

Важнейшим элементом гравитационной тектоники является реологическая поверхность, по которой возможно скольжение более компетентных «пластин» осадочных пород. Хотя лабораторные эксперименты дают довольно высокие значения коэффициента трения, полевые наблюдения показывают, что движение может происходить на очень пологих склонах, до 1° . Механизм образования низких значений коэффициентов трения объяснили Руби и Хабберт (1959). Они пришли к выводу, что избыточное давление флюидов в массе пород может частично компенсировать нагрузку от вышележащих толщ и сильно изменять коэффициент трения. При уплотнении осадков избыточные давления нарастают быстрее, чем выжимаются поровые флюиды. Дальнейшему уплотнению препятствует несжимаемость содержащейся в порах воды, что позволяет породам выдерживать все более возрастающую нагрузку от вышележащих толщ. В результате появляется эффективная плавучесть осадочных толщ на жидком основании.

Результаты интерпретации сейсмических данных показывают, что подсолевой разрез осадочной толщи делится на четыре формационных комплекса, резко отличающихся по своим физико-механическим параметрам:

- верхний карбонатный комплекс нижнепермского возраста толщиной от 50 до 1200 м;
- верхний терригенный, преимущественно глинистый комплекс толщиной

до 1700 м, возраст комплекса считается неопределенным в связи с существенными разногласиями специалистов;

– нижний карбонатный комплекс каменноугольного и позднедевонского возраста толщиной до 2400 м;

– нижний терригенный комплекс (терригенный девон) толщиной 600–800 м.

Такой тип разреза характерен почти для всей изучаемой территории внутренней зоны Прикаспийской впадины. Это позволяет рассматривать подсолевою толщу как чередование достаточно однородных «инженерно-геологических тел», которые соответствующим образом реагируют на тектонические движения, связанные с погружением впадины.

Для понимания особенностей строения бортового уступа были изучены материалы по другим районам, в частности по Примексиканской впадине, в результате обращено внимание на вероятность проявления гравитационной тектоники. Главными зонами развития гравитационно-тектонических процессов являются склоны рифтов и пассивных континентальных окраин, к которым относятся западное и северное обрамления Прикаспийской впадины. Бортовой уступ Прикаспийской впадины сформировался в пермское время, о чем свидетельствует значительное увеличение толщин как нижнепермских (соли), так и верхнепермских отложений. Амплитуда опускания в этот период достигала 2–4 км в зависимости от положения зоны относительно борта впадины. Опущенные (и обрушенные) части карбонатной платформы покрывались глинистой толщей компенсации, которая облекала элементы рельефа, сформированного при опускании нижнекаменноугольно-верхнедевонского карбонатного блока.

В условиях оседания наиболее выразительные геодинамические и соответствующие им процессы происходили в бортовой зоне, что соотносится с развитием систем

разломов, связанных с бортовым уступом, и разуплотнением пород по зонам сопряжения приподнятых и опущенных частей. Следствием этих процессов можно рассматривать отрицательные гравитационные аномалии вдоль западного и северного бортов впадины.

Не исключено, что и само опускание связано с растягивающими усилиями, которые возникают между остаточной платформой и впадиной. В этом случае ширина крутого бортового склона (≈ 10 км) определяется суммарным раздвижением данных элементов в пермскую эпоху. В результате опускания проявляются основные элементы гравитационной тектоники – нормальные сбросы различной амплитуды и ступенчатое погружение блоков в сторону центральных частей впадины. Геометрия этих блоков определяется как общей конфигурацией Прикаспийской впадины, так и строением осадочного чехла, его толщиной, жесткостью и консолидированностью.

Такая ситуация всегда являлась объектом пристального внимания геологов-тектонистов, изучающих пассивные окраины континентов и рифтовые структуры. Соответственно, были проведены многочисленные эксперименты по изучению деформации слоев, трещиноватости и характеру разрушения образцов при смещении двух частей относительно друг друга в разных направлениях. Как пример формирования блоков, примыкающих к бортовому уступу, можно рассматривать ситуацию, представленную на рисунке 1.

По результатам экспериментов сделаны следующие выводы:

– зона отрыва и опускания, примыкающая к устойчивому блоку (уступу), характеризуется развитием трещиноватости, многочисленных нарушений сплошности и деформацией пород;

– вблизи уступа формируется наиболее опущенная зона, ширина и глубина которой

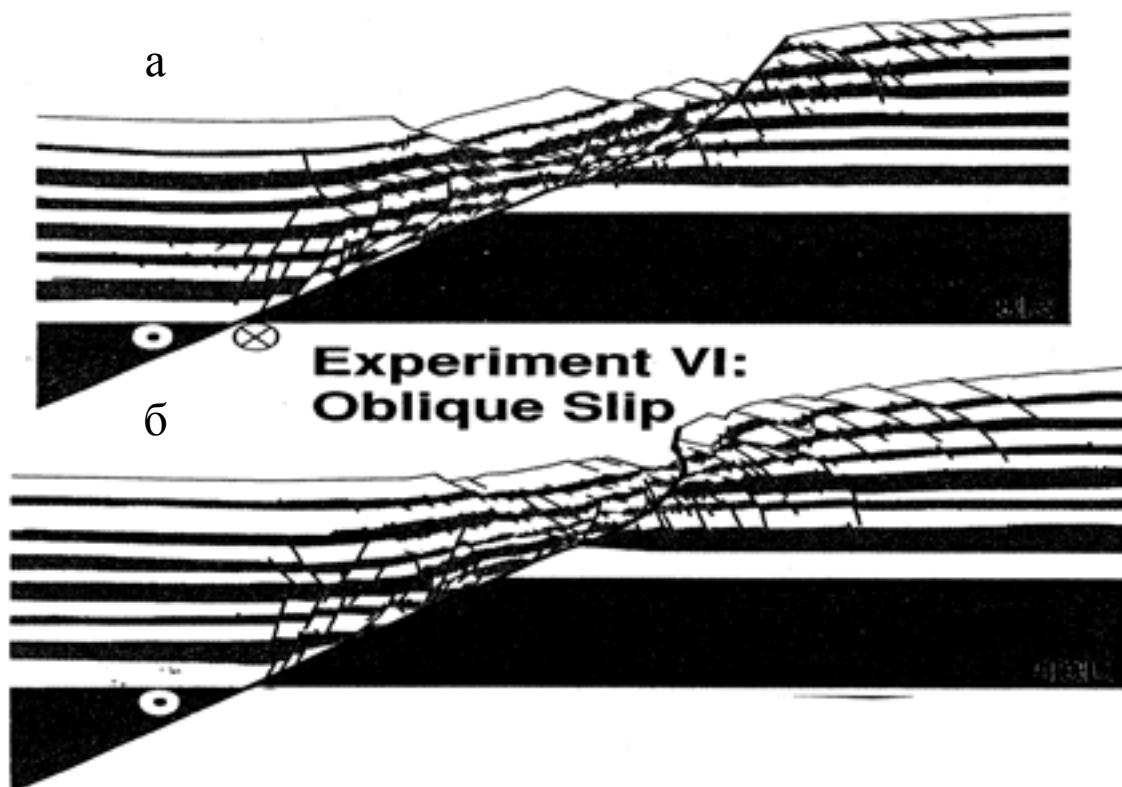


Рис. 1. Геометрия нарушений в опущенном блоке при образовании основного сброса с различным наклоном поверхности

а) наклонная плоскость падения, б) крутое падение
(Schinische et al. AAPG Bull. – 2002. – N.5. – P. 885–906)

зависит от наклона плоскости скольжения и амплитуды опускания;

– на определенном расстоянии от опущенной зоны намечаются положительные формы различного размера и амплитуды, которая не превышает 5–10 % от амплитуды основного сброса;

– в случае большой протяженности основного сброса вдоль плоскости сбрасывателя формируются перпендикулярные к нему поперечные сбросы, образующие ступеньки; основной сброс имеет в плане дугообразную форму.

Таким образом, при крупных опусканиях по бортовому уступу во внешней зоне остается каменноугольная платформа с относительно консолидированными породами, во внутренней – опущенный блок с густой сетью дизъюнктивных нарушений. Особенность северной и западной борто-

вых зон Прикаспийской впадины заключается в том, что вдоль бортового уступа образуется зона барьерных рифов, однако в опущенной части появляется несколько необычный разрез. Толщина карбонатных пород резко уменьшается, их состав подтверждает существование процессов обрушения, в результате которых формируются обломочные карбонатные породы. Это свидетельствует об особых условиях образования в этой структурной зоне. Далее к центру впадины толщины артинского карбонатного комплекса вновь увеличиваются до 1000 м, приближаясь по мощности к рифогенной зоне (рис. 2). Формирование такой широкой ложбины, заполненной в основном обломочными карбонатными породами, является важнейшим процессом, определяющим основные черты строения северо-западной части Прикаспийской впадины.

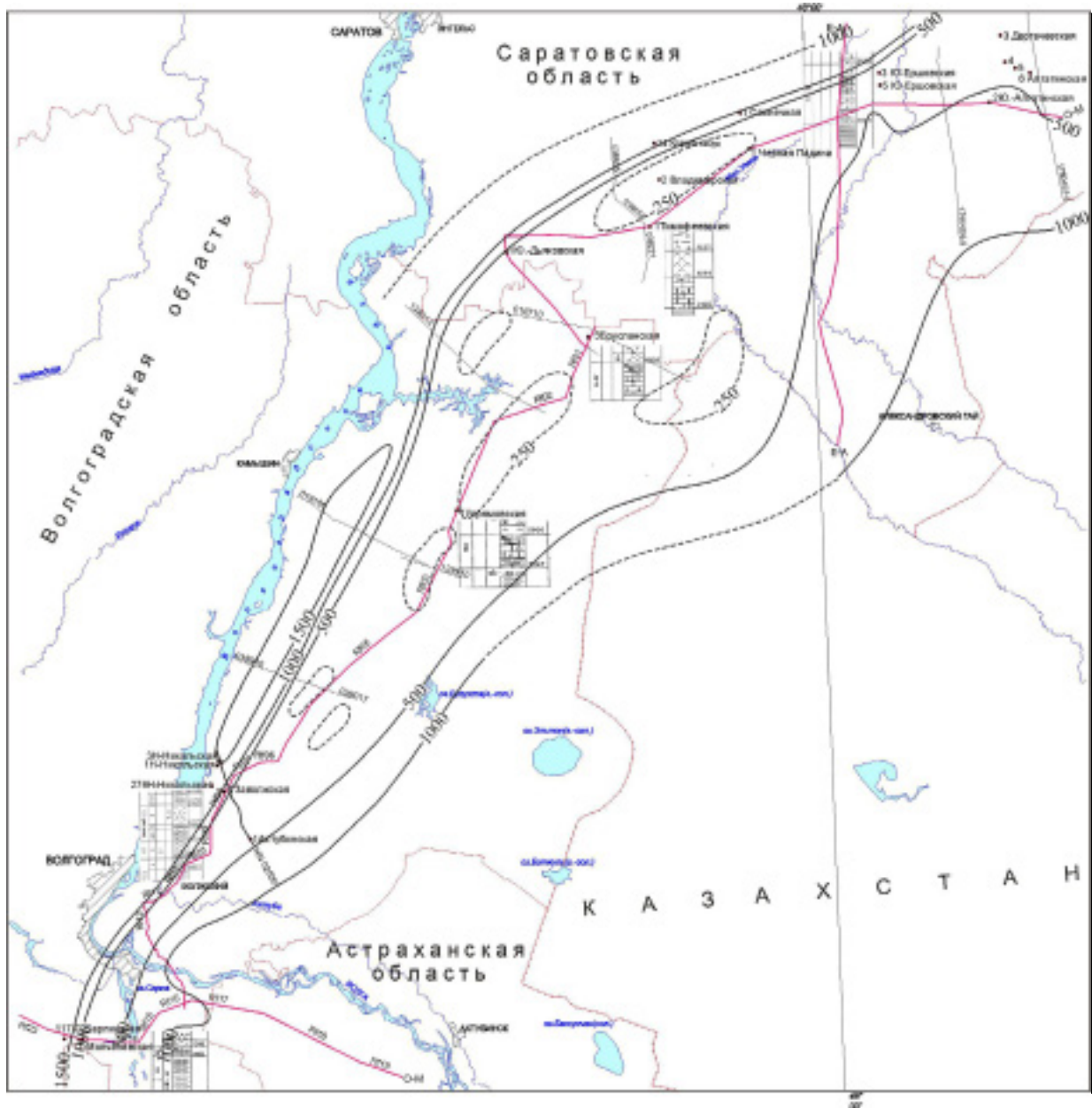


Рис. 2. Карта толщин надверейского карбонатного комплекса северо-западной части бортовой зоны

- 1 – федеральный сейсмический профиль Оренбург-Маньч; 2 – поперечные сейсмические профили;
- 3 – изопахиты верхнего карбонатного комплекса; 4 – литологические колонки скважин, разрезы карбонатного комплекса

Основным событием предкунгурского времени стало крупное (2–4 км) опускание Прикаспийской впадины в районе Центрально-Прикаспийской депрессии. Произошло обрушение уже новой позднеартинской карбонатной платформы с разрушением широкой полосы вдоль бортового уступа. Платформа, расположенная на слабом глинистом основании, наклонилась к центру впадины (уклон до 0,02–0,04), началось ее скольжение к центру депрессии. Разрушенные обломки карбонатных пород распределились по освободившемуся пространству, течением переносились вдоль бортового уступа и цементировались карбонатным илом в филипповское (?) время. В результате сползания платформы образовалась ложбина, заполненная карбонатно-терригенными отложениями. Само сползание сопровождалось захватом части глинистых осадков с их перемещением к центру впадины.

Перечисленные особенности формы дислокаций и характера деформации слоев в экспериментальных образцах имеют прямое отношение к тем тектоническим образованиям, которые фиксируются в западной и северной бортовых зонах впадины. В результате перестройки вдоль края карбонатной платформы образуется зона прогибания, которая заполнялась карбонатно-глинистым илом с обломками разновозрастных известняков различной структуры, в том числе и известняков, образующих уступ девонского, каменноугольного и нижнепермского возраста. Пестрый фациальный облик верхнеартинских отложений флишоидно-молассового типа со следами биотурбации, содержащих разновозрастные палинокомплексы с различным количеством водорослей *Tasmanites*, интерпретируется многими исследователями как результат быстрой седиментации и является толщей заполнения [3].

В наиболее выраженной форме это проявляется в уменьшении толщин для над-

верейской карбонатной толщи. Карбонатный комплекс представлен в бортовой зоне мощной толщей пород рифового генезиса общей толщиной до 1500 м (рис. 2). Сразу за бортовым уступом толщина комплекса уменьшается до 200–300 м (верхняя часть типового разреза внутренней прибортовой зоны), которая по направлению к центру Прикаспийской впадины снова увеличивается до 1000 м. В южных районах западной бортовой зоны (Северо-Сарпинское пересечение) величина минимальных толщин составляет всего 10 км, к северу эта зона расширяется от 35 км на Ново-Никольском пересечении до 100 км на Ерусланском пересечении. В строении карбонатного комплекса принимают участие брекчии, конглобрекчии, гравелиты, песчаники, известняки, спонголиты, радиоляриты, аргиллиты. Такой состав пород говорит о весьма своеобразных условиях формирования указанных отложений.

Формирование Карачаганакского массива

Характер структур вдоль пассивной окраины Восточно-Европейской платформы определяется как амплитудой опускания, так и положением «волноводов» или реологических поверхностей, по которым возможно горизонтальное смещение блоков. В зависимости от этих факторов формируется «гомологический ряд» нарушений: нормальные сбросы – листрические сбросы – гравитационное сползание.

Структуры, образованные листрическими сбросами, представляют собой эшелонированную систему выступов, которую можно идентифицировать по сейсмическим данным. Амплитуда структур не превышает 200–300 м (~ 10 % от амплитуды опускания), что соответствует результатам моделирования структурообразования.

По этому принципу модель формирования **пермской карбонатной формации** представляется как результат образования регионального наклона к центру впадины с последующим гравитационным сползанием карбонатной «пластины». Разрушенные обломки распределились в образовавшейся ложбине и цементировались осадками в результате трансгрессии морских вод в предкунгурское время. Завершение процессов сползания и скопление крупных блоков определялись изменением наклона реологической поверхности, что можно связывать с наличием положительной структуры, в которую упирался сползающий блок.

На территории Ближнего Саратовского Заволжья **глинистые толщи** среднего и нижнего карбона внедряются во внешнюю часть впадины, достигая Лиманской группы месторождений, расположенных на платформе. С нашей точки зрения, данный процесс может быть обусловлен влиянием Пачелмского авлакогена, который именно в этом месте раскрывается в Прикаспийскую впадину. Рифтовый характер основания привел к формированию пониженных зон в течение каменноугольного периода с преобладанием терригенно-глинистого типа седиментации в зоне сочленения древнего рифта и Прикаспийской впадины.

В районе Ершовского выступа, который рассматривается как часть платформы, глинистые толщи выклиниваются, и далее к востоку подсолевой разрез карбона имеет карбонатный облик. Эта зона требует соответствующего подхода, отличающегося от описанных для более западных участков. Ершовский выступ рассматривается как южное продолжение Жигулёвско-Пугачёвского свода и характеризуется высоким положением подсолевых структур и отсутствием в разрезе глинистых толщ карбона. В результате создаются условия для формирования многоярусного карбонатного раз-

реза в зоне бортового уступа, не разделенного, как на западе, глинистыми толщами. При обрушении впадины такой массив должен сползать по девонской глинистой «реологической» поверхности.

Данная идея находит подтверждение при рассмотрении положения Карачаганакской структуры относительно бортовых уступов впадины. Району Карачаганака соответствует выемка по бортовым уступам, сформированным в различные периоды геологического времени (рис. 3), что позволяет предположить ситуацию, когда граница опускания впадины в этом районе прошла севернее барьерного рифа, а отколовшийся карбонатный массив сполз в южном направлении на значительное расстояние.

Аналогичные условия формирования карбонатных массивов возможны в **Южно-Дергачёвской зоне**, которая выделяется на восточном погружении Ершовского выступа как часть обширной палеозойской карбонатной платформы. По данным НВНИИГГ [7], рассматриваемая платформа представляет собой гетерогенное карбонатное тело, имеющее значительный межрегиональный наклон к центру Прикаспийской впадины. Западное и восточное крылья платформы приподняты относительно ее центра. Как по южной, так и по северной периферии платформа осложнена разновысоким валом, возможно рифогенной природы. Поверхность вала значительно ундулирует. Платформа перекрыта низкоскоростной толщей мощностью в несколько сотен метров. Авторы ассоциируют указанную толщу с преимущественно глинистыми верейско-мелекесскими отложениями.

Основные результаты изучения геологического строения подсолевого осадочного чехла участка заключаются и в том, что на территории последнего выделены высокоамплитудные подсолевые структуры по горизонту П1 амплитудой до 300 м, в пределах которых отмечается разрастание



Рис. 3. Положение Карачаганакского массива относительно бортовых уступов северной зоны Прикаспийской впадины [2]

мощности **надверейского карбонатного комплекса** с 550–600 м на склонах до 700–900 м в пределах самой структуры. Это дает основание предполагать, что увеличение мощности связано с присутствием нижнепермских рифогенных построек [4].

Резкое сокращение в районе выделенных структур среднекаменноугольного терригенного комплекса отложений свидетельствует о существовании перед терригенной седиментацией положительного палеорельефа. В пользу этого говорит тот факт, что в районе структур мощность девонско-каменноугольного карбонатного сейсмокомплекса увеличена. В пределах структур мощность карбонатного комплекса составляет 950 м, за ее пределами – 650–700 м. При этом разрастание мощности соответствует структуре амплитудой в 200 м.

Тактика поисков объектов Карачаганакского типа

Таким образом, результаты сейсмических исследований и общегеологические соображения свидетельствуют о возможности формирования крупных месторождений нефти и газа в пермском и каменноуголь-

но-верхнедевонском карбонатных комплексах на Южно-Дергачёвском лицензионном участке и восточнее, в казахстанской зоне бортового уступа Прикаспийской впадины. В то же время остаются неясными вопросы о характере образования структур, о возможности смещения блоков обрушенных карбонатных пород во внутреннюю часть впадины и соотношении структурных планов пермского и каменноугольного карбонатных массивов. Для обоснования постановки бурения поисковых скважин необходимо провести дополнительные исследования по геологической интерпретации материалов сейсмических исследований.

Основными критериями для условий формирования структур Карачаганакского типа являются следующие:

- отсутствие среднекаменноугольной глинистой толщи, которая разделяет карбонатные образования пермского и раннекаменноугольно-позднедевонского возраста;
- переход линии основного опускания к северу от зоны барьерных рифов, вследствие чего карбонатный массив большой мощности сползает во внутреннюю часть впадины;

Нефтегазоносность Прикаспийской впадины и смежных регионов

– структурное положение «реологического» глинистого основания, которое определяет направление и дистанцию сползания.

Предполагается, что учет этих критериев позволит более целенаправленно вести работы по поискам структур Карачаганакского типа.

Л и т е р а т у р а

1. Анисимов Л. А., Делия С. В. Проявления гравитационного сползания в западной части Прикаспийской впадины // Геология, ресурсы, перспективы освоения нефтегазовых недр Прикаспийской впадины и Каспийского региона. – М.: изд-во "МАКС Пресс", 2008. – С. 39–45.
2. Галушкин Ю. И., Яковлев Г. Е. Мощность соленосных отложений и условия нефтегазогенерации породами подсолевого комплекса (северный борт Прикаспийской впадины // Геология, ресурсы, перспективы освоения нефтегазовых недр Прикаспийской впадины и Каспийского региона. – М.: изд-во "МАКС Пресс", 2008. – С. 137–148.
3. Даньшина Н. В. Здобнова Е. Н. К вопросу о стратиграфии и палеогеографии нижнепермских отложений западной части Прикаспийской впадины // Вопросы геологии и перспектив нефтегазоносности Нижнего Поволжья и Каспийского моря. – Волгоград: ООО ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИ-морнефть, 2007. – Вып. 66. – С. 4–10.
4. Зуб Е. А. Особенности модели подсолевой структуры во внутренней части Прикаспийской впадины Саратовской области (Озинская площадь) // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2017. – Вып. 90. – С. 28–35
5. Лацкова В. Е. Об инверсионном развитии северной части Прикаспийской синеклизы // Вопросы геологии Южного Урала и Нижнего Поволжья. – Саратов: изд. Сарат. ун-та, 1977. – Вып. 13. – С. 55–64.
6. Общефедеральный геофизический профиль Оренбург-Маньч / Е. Г. Скорнякова, Ю. А. Писаренко, И. А. Титаренко, и др. // Сб. «Приоритетные направления работ на территории Приволжского и Южного Федеральных округов в 2004–2010 гг.». – Саратов, 2003.
7. Писаренко Ю. А. О соотношении тектонических элементов Прикаспийской впадины и соседних районов Восточно-Европейской платформы // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2000. – Вып. 24. – С. 38–43.
8. Структурная геология и тектоника плит/ под ред. К. Сейферта. – Мир, 1991. – Т. 3.
9. Феоктистов А. В., Лепилин В. М., Феоктистов В. А. Найти Карачаганак-2. URL: Mir.Znaniy.com/a/24337-2/nayti-karachaganak-2-2.

