

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРУКТУРНОМ ПЛАНЕ ПОДСОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИКАСПИЙКОЙ ВПАДИНЫ

Фёдорова Надежда Фёдоровна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: nadezhda.fedorova.59@inbox.ru

Актуальность работы обусловлена научным обоснованием современного представления распространения и повышения прогноза нефтегазоносности подсолёвых отложений юго-западной части Прикаспийской впадины. Целью исследования является воссоздание модели современного структурного плана верхне- и среднедевонского комплексов Астраханского свода. Эта территория относится к числу важнейших нефтегазоносных регионов, где сосредоточены огромные потенциальные ресурсы углеводородов. Методология изучения проводилась на основе обработки данных материалов полевой геофизики – сейсморазведки и промыслово-геологических исследований, выполненных при проведении параметрического бурения. Автором были изучены особенности распространения и закономерности формирования девонских отложений территории юго-западной части Прикаспийской впадины. В пределах Астраханского свода в течение всего палеозойского времени было установлено, что современный структурный план девонских отложений носит унаследованный характер ниже залегающих комплексов. При изучении данного вопроса были использованы материалы трёхмерной сейсморазведки 3Д ОГТ-64 и площадной сейсморазведки 2Д, а также керновый и шламовый материалы по данным бурения параметрических скважин. *Выводы.* В современном структурном плане поверхности (кровли) различных ярусов среднедевонского и верхнедевонского отделов в целом сохраняют унаследованное развитие. Представляют собой серию линейно вытянутых в северо-западных румбах антиклинальных зон, антиклиналей и отдельных локальных поднятий, имеющих различные размеры и амплитуды и разделённых, как правило, синклиналями, мульдами, прогибами. Полученные представления о строении девонских отложений указывают на необходимость более рационального размещения поискового и разведочного бурения и выполнения дополнительного объёма сейсмических исследований как на юге левобережной периферии девонской макроструктуры, так и в её правобережной части, а также в междуречье рек Волги и Ахтубы с целью уточнения единой структурной основы.

Ключевые слова: Прикаспийская впадина, Астраханский свод, девонские отложения, структурный план, осадконакопление

MODERN VIEWS ON THE STRUCTURAL PLAN OF SUBSALT DEPOSITS OF THE CASPIAN BASIN

Fedorova Nadezhda F., Ph. D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: lecture hall 105, nadezhda.fedorova.59@inbox.ru

The relevance of the work is due to the scientific justification of the modern representation of the distribution and increase of the forecast of oil and gas potential of the subsalt deposits of the South-Western part of the Caspian depression. The aim of the study is to recreate the model of the modern structural plan of the upper and middle Devonian complexes of the Astrakhan arch. This territory is one of the most important oil and gas regions, where huge potential hydrocarbon resources are concentrated. The methodology of the study was carried out on the basis of data processing of field Geophysics materials-seismic exploration and field-geological studies performed during parametric drilling. The author studied the features of distribution and regularities of formation of Devonian

deposits in the South-Western part of the Caspian depression. Within the Astrakhan arch during the entire Paleozoic period, it was established that the modern structural plan of Devonian deposits has an inherited character below the underlying complexes. In the study of this issue were used materials of three-dimensional seismic 3D OGT-64 and areal seismic 2D, as well as core and slurry materials according to the drilling of parametric wells. **Summary.** In the modern structural plan, the surfaces (roofs) of the various tiers of the middle Devonian and upper Devonian departments generally retain their inherited development. Are a series of linearly elongated in the North-Western rhumb anticline zones, anticlines and individual local elevations, having different sizes and amplitudes and separated, as a rule, synclinals, mulds, deflections. The obtained views on the structure of Devonian deposits indicate the need for more rational placement of exploratory drilling and additional seismic studies, both in the South of the left-Bank periphery of the Devonian macrostructure, and in its right-Bank part, as well as in the interfluvium of the Volga and Akhtuba rivers in order to clarify the single structural basis.

Keywords: Caspian depression; Astrakhan arch, Devonian deposits, structural plan, sedimentation

Астраханский свод – крупнейший карбонатный массив в Прикаспийской впадине – впервые был выявлен в 1961 г. и с тех пор активно изучается геологическими и геофизическими методами.

При проведении геологоразведочных работ были установлены многочисленные признаки нефтегазоносности более глубоких частей карбонатного массива в виде признаков нефти в керне скважин, выхода плёнок нефти и непосредственного получения притоков. Примечательно, что эти нефти не содержат больших примесей сероводорода. О возможности открытия крупных месторождений нефти на Астраханском своде говорят данные региональной оценки перспектив нефтегазоносности Прикаспийской впадины.

Для оценки перспектив открытия таких залежей и дальнейшего направления поисково-разведочных работ значительная роль отводится выявлению в современном плане структурных элементов, от которых зависит распределение осадочных комплексов и положение региональных зон накопления углеводородов.

Полученные на сегодня результаты бурения скважин с учётом результатов сейсморазведки последних лет, включая трёхмерную 3Д ОГТ-64, позволяют воссоздать в средних масштабах (порядка 1 : 200 000) модель современного структурного плана поверхностей всех отложений подсолевого комплекса.

Подсолевой комплекс отложений Астраханского свода, представленный каменноугольными и девонскими отложениями, по данным сейсморазведки, характеризуется несколькими отражающими горизонтами. Наиболее устойчивым и уверенно прослеживаемым является горизонт III (C2b), приуроченный к кровле среднекаменноугольных (башкирский ярус) карбонатных отложений.

Высокая точность его построения объясняется опорой на значительный объём поисково-разведочного и эксплуатационного бурения. Остальные отражающие горизонты – Б (C1t), II П' (D3f1) и II П" (D2ef?) и II П (O-S) – прослеживаются непоследовательно и с различной степенью надёжности. Это связано с изменениями особенностей строения геологического разреза в пределах различных участков территории Астраханского свода, имеющего площадь 22 тыс. км².

Модель Астраханского свода характеризуется сравнительной выдержанностью толщин слагающих его литолого-стратиграфических комплексов и значительной фациальной изменчивостью отдельных комплексов, которой

объясняется наблюдаемая изменчивость динамики опорных сейсмических горизонтов, приуроченных к границам комплексов [1].

Отражающий горизонт Б (C_1t), приуроченный к кровле турнейских отложений в пределах левобережной части Астраханского свода на временных разрезах ОГТ, прослеживается крайне эпизодично. Причина этого в том, что отсутствует достаточно устойчивая граница. Об этом свидетельствуют данные бурения скважин № 2 Володарской, Табаковской № 1 и Девонской № 2. Последняя, в которой отмечается акустический репер, к которому выполнена привязка горизонта Б, расположена на западе исследуемой территории. В первых двух такой репер отсутствует [3].

С глубокозалегающими девонско-нижнекаменноугольными отложениями связываются основные перспективы нефтегазоносности. Это обусловлено наличием крупной положительной структуры по сейсмическим отражающим горизонтам П П' (D_{3f1}) и П П'' ($D_{2ef?}$) в левобережной части Астраханского свода, выявленной по результатам сейсмических исследований.

В пределах Астраханского свода отмечается примечательная особенность волновой картины – это удивительная выдержанность временной мощности волнового пакета между опорными отражающими горизонтами П П' (в кровле) и П П'' (в подошве). Эти два горизонта являются наиболее яркими реперными границами. В левобережной части между этими горизонтами, в Заволжской зоне, прослеживаются два динамически ярких горизонта под индексами П П' и П П'' [1].

Стратиграфическая и глубинная привязка горизонтов была основана как по данным исследования керна, так на результатах ВСП, выполненного в скважинах № 2 Володарской, № 2 Георгиевской, № 2 Еленовской, Табаковской № 1, № 1 Безымянной.

Параметрические и поисковые скважины на девонский комплекс отложений были равномерно распределены в наиболее приподнятой центральной части структуры вдоль вытянутой оси, на западе от скважины Табаковской № 1. Образованный таким образом профиль позволяет проследить гипсометрию и литологические особенности девонско-нижнекаменноугольных отложений практически на всём протяжении Астраханского свода.

Среди геологов различных организаций, проводивших геологоразведочные работы на девонский комплекс отложений Астраханского свода, нет единого подхода к литолого-стратиграфическому расчленению разреза. Это связано с недостатком фактических данных о возрасте пород вскрываемого разреза и отсутствием единого эталонного разреза для корреляции с соседними регионами.

В настоящее время наиболее древними породами, получившими уверенное подтверждение возраста, являются карбонаты фаменского и верхней части франского ярусов верхнего девона. Во вскрытом ниже разрезе терригенного среднего девона органических остатков, позволяющих уверенно стратифицировать данные отложения, не было обнаружено.

Таким образом, его стратиграфическое расчленение проводится достаточно условно, по данным бурения одной скважины Девонской № 2. Основным критерием выделения стратиграфических границ является такой критерий, как резкая смена обстановки осадконакопления, сопровождающаяся изменением литологического состава пород [4].

По отражающему сейсмическому горизонту II П' был выделен приподнятый участок, площадью 340 км² по изогипсе минус 5900 м. Внутри этой наиболее приподнятой части расположены Еленовская и Табаковская площади, а также площадь, где расположена скважина Девонская № 3. Скважина Девонская № 2 расположена вне площади, оконтуренной изогипсой минус 5900 м.

На значительной площади Правобережной части свода, охватывающей Светлошаринский, Долгожданный, Воложковский и Правобережной участки, отражающий горизонт II П' отсутствует. Это происходит из-за выклинивания отложений или резкого сокращения их толщин.

Стратиграфическая привязка отражающего горизонта II П" (D₂ef?) менее однозначна по сравнению с горизонтом II П'. Судя по глубине прослеживания в районе скважины Девонской № 2, горизонт II П" приурочен к пласту известняков в терригенной толще живетского яруса среднего девона.

Отражающий горизонт II П" (D₂ef?) на целом ряде участков залегает с угловым несогласием по отношению к горизонту II П' (D₃f₁).

Отражающий горизонт II П (O-S) залегает субгоризонтально на глубине 6900–7000 м и осложняется небольшими по площади и амплитуде приподнятыми участками [5].

Таким образом, в подсолевом разрезе Астраханского свода выделяются два структурных этажа: верхний (карбонатный) – в объеме отложений карбона и верхней части девона, где развиты инверсионные формы, и нижний (терригенно-карбонатный) – в объеме от нижнефранского до нижнего девона, где распространены в основном погребенные тектонические структуры.

В центральной и северо-восточной частях Астраханского свода глубина залегания верхнедевонско-каменноугольной толщи находится приблизительно на одном уровне. Стратиграфические границы плавно погружаются в сторону северной и западной периферий.

В современном структурном плане поверхность среднедевонских отложений по степени расчлененности неоднозначна.

В юго-восточной части территории исследований выделяются три структуры, по морфологии близкие к валообразным. Первая из них охватывает Еленовскую, Табаковскую, Заволжскую, Володарскую и Харабалинскую площади, имея размер по изогипсе минус 6200 м 55 × 12,5–15 км и амплитуду более 170 м. Вторая по упомянутой изогипсе размером 45 × 16 км и амплитудой 200 м приурочена к центральной части свода. Структура вскрыта скважинами Девонской № 3 и Девонской № 2 на абсолютных отметках минус 6112 и минус 6126 м. Третья структура располагается в правобережной части Астраханского ГКМ, выделяется условно [2].

В северо-западной части территории выделяется корытообразное понижение размером 75 км в длину и от 25 до 35 км в ширину. Абсолютная отметка поверхности среднедевонских отложений колеблется от минус 6400 до минус 6700 м. В современном рельефе понижение пространственно совпадает с участком Волго-Ахтубинской поймы.

Современное структурное положение поверхности отложений фаменского яруса, венчающего разрез верхнего отдела девонской системы, почти один к одному унаследовало особенности залегания пород франского яруса (рис.). Чётко картируются Еленовский, Центральный валы и Правобережное поднятие, имеющие общую северо-западную ориентировку.

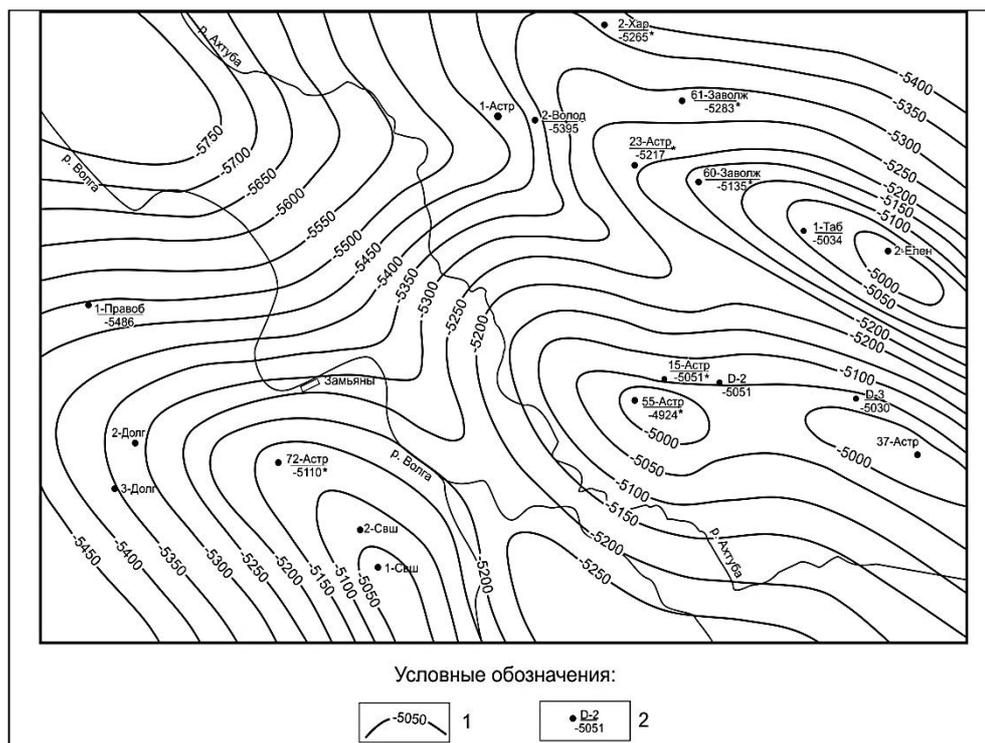


Рис. Схематическая карта современного структурного плана поверхности отложений фаменского яруса территории Астраханского свода

Скважины Еленовская № 2, Табаковская № 1, Заволжские № 60, 61, Астраханская № 23, Володарская № 2 располагаются примерно на равном удалении от северной границы Астраханского свода. Наиболее высокое залегание верхнедевонских отложений в районе скважины Еленовской № 2. К северо-западу от неё по линии указанных выше скважин происходит постепенное погружение поверхности верхнего девона. Указанные скважины в своё время закладывались по геофизическим данным на наиболее приподнятых участках.

В отложениях девона вдоль восточного-северо-восточного борта свода отмечается наличие крупных валообразных структур предположительно рифогенного характера. Скважина Табаковская № 1, пробуренная на периферии одного из них, не опровергает данное предположение. Она вскрыла терригенный девон на 180 м выше скважины Девонская № 2 и подтверждает подъём данной границы в сторону Еленовского вала.

Еленовский вал простирается в северо-западном направлении не менее чем на 50 км, на юго-востоке он уходит на территорию Республики Казахстан. Ширина его не превышает 10 км. Южная граница вала, очевидно, проходит несколько севернее линии контура Астраханского ГКМ. Амплитуда по оконтуривающей изогипсе минус 5150 м составляет 250 м [2].

Распространение подобных валов вдоль склонов сводовых поднятий укладывается в существующее представление о тектоническом строении структур I порядка. К таким валам в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции приурочены известные нефтяные месторождения.

Также отмечается повышенное залегание верхнедевонских отложений и в центральной части Астраханского свода – Центральный вал. Данная территория по площади совпадает с территорией Астраханского ГКМ к востоку от р. Волги. Наиболее высокое гипсометрическое положение (минус 5030 м) данной поверхности отмечается в скважинах Девонских № 3 и № 2 (минус 5051 м). Верхнедевонская структура в пространстве будет совпадать с Аксарайским валом и превышать его по ширине.

В правобережной части свода намечается крупное по размерам поднятие амплитудой 400 м. Для большей части территории правобережного участка характерно пониженное залегание верхнедевонских отложений [2].

В южной части территории Астраханского свода (скв. № 4 Астраханская) прогнозируется повышенное залегание верхнего девона. Это основывается по аналогии с южными районами Астраханского свода в его правобережной части. На этом участке турнейские отложения нижнего карбона с породами фаменского яруса верхнего девона составляют единый карбонатный комплекс и имеют на всей территории унаследованный структурный план.

Результаты исследований по воссозданию модели современного структурного плана верхне- и среднедевонского комплексов Астраханского свода направлены на установление особенностей распространения девонских отложений изучаемой территории.

Структурное положение поверхности фаменского яруса повторяет особенности залегания франских отложений. Абсолютные отметки яруса на структурах положительного знака колеблются в пределах минус 5000 – минус 5200 м, амплитуда – 150–200 м; на структурах отрицательного знака – от минус 5250 до минус 5750 м.

Таким образом, в современном структурном плане поверхности (кровли) различных ярусов среднедевонского и верхнедевонского отделов в целом сохраняют унаследованное развитие. Представляют собой серию линейно вытянутых в северо-западных румбах антиклинальных зон, антиклиналей и отдельных локальных поднятий, имеющих различные размеры и амплитуды и разделённых, как правило, синклиналями, мульдами, прогибами.

В целом погружение девонского комплекса происходит в северо-западном направлении в сторону Сарпинского и Заволжского прогибов.

Наиболее благоприятными с точки зрения накопления УВ могут быть территории, где в предбашкирское время отложения $D_2g-D_2f_1$ образовывали крупные поднятия.

Использование этих исследований позволяет более достоверно проводить прогнозные оценки данного региона.

Список литературы

1. Бродкий, А. Я. Новый взгляд на строение Астраханского подсолевого поднятия / А. Я. Бродкий, Ю. Г. Юров, Ю. А. Волож // Недра Поволжья и Прикаспия. – 1997. – № 2. – С. 31–41.
2. Федорова, Н. Ф. Модель структурного плана каменноугольного и девонского комплексов отложений Астраханского свода / Н. Ф. Федорова // Газовая промышленность. – 2003. – № 1. – С. 48–50.
3. Федорова, Н. Ф. Этапы развития Астраханского свода в орогенный и доплатформенный периоды / Н. Ф. Федорова // Газовая промышленность. – 2003. – № 3. – С. 41–42.
4. Федорова, Н. Ф. Особенности формирования отложений осадочного чехла юго-западной части Прикаспийской впадины / Н. Ф. Федорова, И. В. Быстрова, А. В. Ермолина // Геология, география и глобальная энергия. – 2016. – № 3 (62). – С. 39–58.
5. Федорова, Н. Ф. Новые представления о геологическом строении глубокозалегающих девонских и нижнекаменноугольных отложений юго-западной правобережной части территории Астраханского свода / Н. Ф. Федорова // Международные и отечественные технологии освоения минеральных ресурсов. – Астрахань : Астраханский гос. ун-т, 2002. – С. 26–27.

References

1. Brodkiy, A. Ya., Yurov, Yu. G., Volozh, Y. A. Novyy vzglyad na stroenie Astrakhanskogo podsolevogo podnyatiya [A New look at the structure of the Astrakhan pre-salt uplift]. *Nedra Povolzhya i Prikaspiya* [Bowels of the Volga and Caspian], 1997, no. 2, pp. 31–41.
2. Fedorova, N. F. Model strukturnogo plana kamennougolnogo i devonskogo kompleksov otlozheniy Astrakhanskogo svoda [Model of the structural plan of the Carboniferous and Devonian complexes of deposits of the Astrakhan arch]. *Gazovaya promyshlennost* [Gas industry], 2003, no. 1, pp. 48–50.
3. Fedorova, N. F. Étapy razvitiya Astrakhanskogo svoda v orogenny i doplatformennyy periody [Stages of development of the Astrakhan arch in the orogenic and pre-platform periods]. *Gazovaya promyshlennost* [Gas industry], 2003, no. 3, pp. 41–42.
4. Fedorova, N. F., Bystrova, I. V., Yermolina, A. V. Osobennosti formirovaniya otlozheniy osadochnogo chekhla yugo-zapadnoy chasti Prikaspiyskoy vpadiny [Features of formation of sedimentary cover deposits of the southwestern part of the Caspian depression]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2016, no. 3 (62), pp. 39–58.
5. Fedorova, N. F. Novye predstavleniya o geologicheskom stroenii glubokozalegayushchikh devonskikh i nizhnekamennougolnykh otlozheniy yugo-zapadnoy pravoberezhnoy chasti territorii Astrakhanskogo svoda [New ideas about the geological structure of deep-lying Devonian and lower Carboniferous deposits of the South-Western right-Bank part of the territory of the Astrakhan arch]. *Mezhdunarodnye i otechestvennye tekhnologii osvoeniya mineralnykh resursov* [International and domestic technologies of mineral resources development]. Astrakhan, ASU Publ., 2002, pp. 26–27.