

ВОЗДЕЙСТВИЕ СОЛЕВЫХ ДИАПИРОВ НА ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЕ

Халед Гамаль Эльмаадави, аспирант
Астраханский государственный университет,
тел.: (8512)44-00-95*131, e-mail: kelmaadawy@yahoo.com

Рецензент: Серебряков А.О.

Оценка геотермического градиента стратиграфического разреза Астраханского свода и температуры подсолевых отложений указывает, что соли диапиров влияют на генерацию углеводородов. В южной части свода температура в верхнедевонских и среднекаменноугольных отложениях достигает 200 °С.

The estimation of a geothermal gradient of a stratigraphic cut of the Astrakhan vault and temperature of under-salt sediments indicates that salts of diapirs influence generation of hydrocarbons. The temperature in Upper Devonian and Middle Carboniferous sediments reaches 200 °C in southern part of the vault.

Ключевые слова: геотермальный градиент, соль диапиров, температурные аномалии, генерация углеводородов, Астраханский свод.

Key words: geothermal gradient, salt of diapirs, temperature anomalies, generation of hydrocarbons, the Astrakhan vault.

Астраханский свод расположен в юго-западной части Прикаспийской впадины (рис. 1). Он содержит гигантское месторождение астраханского газоконденсата (60 TCF газа), которое считается одним из крупнейших подсолевых структур в бассейне. Астраханский свод имеет размеры около 180 × 120 км.

Стратиграфический разрез свода состоит из мощных кунгурских (верхи нижней перми) солей, которые отделяют серию надсолевого этажа, состоящего в основном из терригенных отложений, от подсолевого этажа, состоящего преимущественно из карбонатов (рис. 2). Подсолевые осадки могут быть разделены по ключевым горизонтам на четыре литолого-стратиграфических комплекса (рис. 3) в следующем виде.

1. Карбонаты и глинистые осадки (P_{1a}); это первый верхний осадочный комплекс, изменяется по глубине и составу, состоит из глубоководных отложений сланцев от нескольких десятков до нескольких сотен метров в центральной его части и грубых терригенных осадков мощностью нескольких тысяч метров – на юго-западной границе.

2. Преимущественно карбонаты (D₃ F₂-D₃ МИД C_{2v}-C_{2b}), это второй комплекс, который составляет ядро Астраханского карбонатного массива (около 2000 м). Карбонатные отложения этого комплекса уменьшаются по мощности и заменяются глубоководным сланцами к периферии свода.

3. Карбонаты со встроенными терригенными осадками (D₁₋₂). Толщина этого комплекса варьируется от 400 м на юго-западном крыле свода до 1400 м – на северо-западе крыле. Этот комплекс представлен тонкими карбонатными слоями.

4. Подошвенный нижнепалеозойский (PZ₁) комплекс, который мало отличается по мощности и составу карбонатов [3, 5].

В целом на основании исследований геотермальных полей (геотермального градиента) предоставляется возможность оценить современные температуры в Астраханском своде и, следовательно, перспективы углеводородной генерации. Термический анализ проводится с использованием геологической информации ряда пробуренных скважин (рис. 1) и региональных сейсмических профилей через свод (рис. 3). Измерения температуры в этих скважинах были проведены после периода времени, который по крайней мере вдвое больше продолжительности бурения скважин. Оценка регионального геотермального градиента по сравнению с глубиной включает в себя расчет градиента для стратиграфических подразделений в скважинах, а затем – среднего показателя для каждого стратиграфического подразделения.

В целом наибольший интерес солевая тектоника представляет для нефтяной промышленности, поскольку многие из больших провинций в мире углеводородов располагаются в солеродных бассейнах (например, Мексиканский залив, Персидский залив, Северное море, бассейн реки Конго, Кампос бассейн, Прикаспийский бассейн). Кроме того, присутствие соли в бассейне затрагивает практически все аспекты углеводородной системы. Помимо этого, соли играют роль в создании структурных ловушек и влияют на распределение резервуара, соль сама по себе является экраном для миграции. Соли также являются эффективным проводником тепла, повышая тепловую зрелость пород над солью и охлаждая породы, расположенные ниже или рядом с солью. Региональный температурный градиент изменяется в непосредственной близости от диапиров соли, так как толщина боковых пород влияет на теплопроводимость отложений и температурные градиенты [4].

Температурный градиент в палеогене к верхнемеловых отложениях составляет около 25 °С на км, в нижнем мелу до средней юры последовательно колеблется от 16 до 20 °С на км, а в триасе и верхней перми колеблется от 13 до 24 °С на км и падает примерно до 20 °С на км в нижнепермских отложениях (преимущественно в отложении солей).

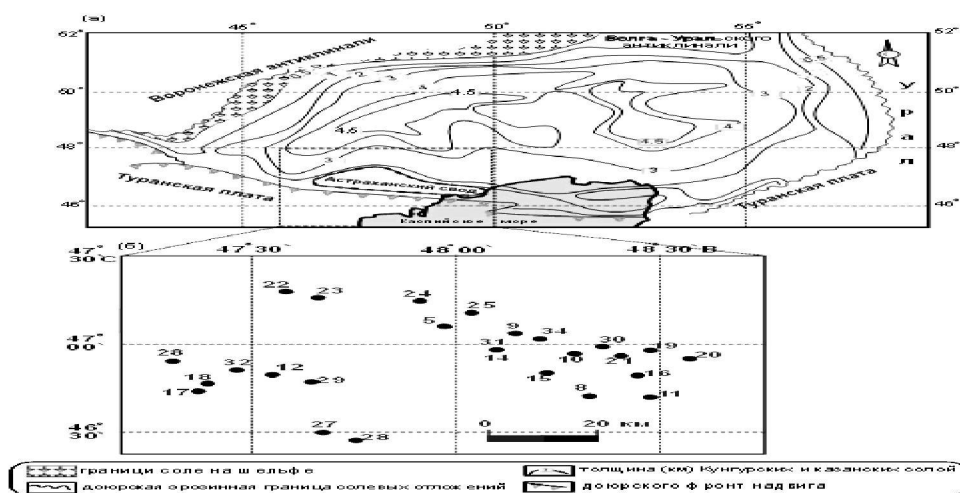


Рис. 1. Обзорная карта: а) Прикаспийской впадины и Астраханского свода; б) расположения скважин [5]

Температурный градиент уменьшается почти монотонно от поверхности до юрского карбонатного слоя. Изменения уклона могут быть связаны с усилением понижения теплопроводности из-за уплотнения осадков. Относительно высокий геотермальный градиент в нижнепермских отложениях (по сравнению с градиентом в чистой поваренной соли) может быть связан с меньшей теплопроводностью солевых примесей. Этот вывод согласуется с тем фактом, что отмечается циклическое чередование позднепермского галита с прослоями ангидритов и сланцев [11]. Температурный градиент повышается в нижнекаменноугольных и девонских отложениях.

Система	Ярус	Литология	Литолическое описание	Толщина, м	
Черный	Q		Вверху: песок, глина; Ниже: мергель, песок	20-100	
	N2		Песок, глина, песчаник	300-900	
Меловая	E		Песчано-глинистые породы	0 - 300	
	K2		Известняк, мергеля	0 - 600	
Юрская	K1		Прослоями песчаников, глин и алевролитов	300 - 600	
	J3		Терригенно-карбонатные породы	0 - 560	
Триасовая	J2		Песчано-глинистые породы	100 - 300	
	T3		Мергель, глина	0 - 1500	
	T2				
Пермская	T1				
	P2		Прослойки песчаников, глин и алевролитов	0 - 1800	
	P1		Минибассейны: ангидрит со встроенными солью и терригенные осадки	Дропировые соли, встроенные терригенными осадками	500 - 3500
			карбонатные и глинистые осадки		0 - 1800
Девонская		Карбонат, ангидрит		0 - 119	
	C2		известняк	200-331	
	C1		известняк Встроенные терригенные осадки	400 - 700	
Силур	D3		Известняк со встроенными терригенными осадками	0 - 900	
	D2		Терригенные, песчаный - глинистые и карбонатные осадки	600	
	D1		Прослойки алевролитов и аргиллитов	240	
Ордовик			Эффузивные и карбонатные породы	1000 - 2000	
			Кристаллический фундамент		

Рис. 2. Сводный литолого-стратиграфический разрез Астраханского свода [5]

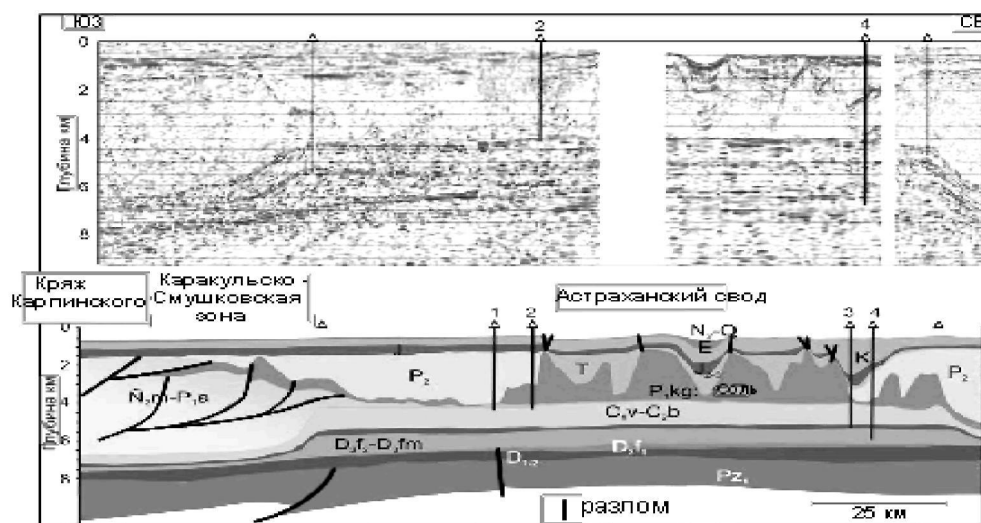


Рис. 3. Сейсмические профили (верхняя панель) и их геологическая интерпретация (литолого-стратиграфический профиль в нижней панели):

N_2-Q – позднего неогена до четвертичного, E – палеогена, мела – K , J – юры, J_2-3 – позднеюрская, T – триаса, P_2 – поздней перми, P_{1kg} – ранней перми (кунгурских), $C_{2m}-P_1A$ – верхнего карбона (московский), $C_{1v}-C_{2b}$ – раннего карбона (визе) до позднего карбона (башкирский), $D_3 F_2-D_3 FM$ – позднего девона (поздний франской к Фаменским), D_{3f_1} – позднего девона (ранний франской), D_{1-2} – среднего девона, Pz_1 – раннего палеозоя [5]

На рисунке 4 представлен соответствующий остаточный профиль температуры, который получен путем вычитания линейной температуры глубины на контрольной кривой из измеренных профилей. Температурные кривые определяются по измеренным температурным значениям в скважинах. Скважина 16 была выбрана в качестве опорной скважины, так как находится в районе, где слой соли, сравнительно тонкий и температурный градиент, представляет его региональные значения (его остаточная температура колеблется от -4 до 2 °C).

Температурные аномалии положительны в отложениях выше солевых диапиров (на глубине 1 км), а также в подсолевых бассейнах (в 3,5 км глубиной) и негативны под диапирами (на глубине 8 км).

Две области положительных аномалий температуры в подсолевых осадках связаны с глубинной палеотектоникой района и с общим подъемом соли (подсолевой интерфейс) в южной части рассматриваемого региона (рис. 4).

В соответствии с геотермальной моделью [6], прогнозируемая температура на глубине более 10 км колеблется от 170 °C в северо-западной части района исследований до 200 °C – в его южной части. Температура девонских и каменноугольных отложений изменяется в пределах $130-200$ °C. Как правило, подсолевые осадки в южной части отличаются высокими температурами по сравнению с теми, которые находятся в ее северной части. Скорость химической реакции удваивается каждые 10 °C роста температуры в пласте, и низкая температура может, следовательно, замедлять углеводородные созревания. Таким образом, местный охлаждающий эффект может оказать глубокое воздействие на созревание углеводородов вблизи солей диапиров, так как тем-

температура в породах, согласно прогнозам, меняется в зависимости от наличия солевых диапиров различной формы и высоты.

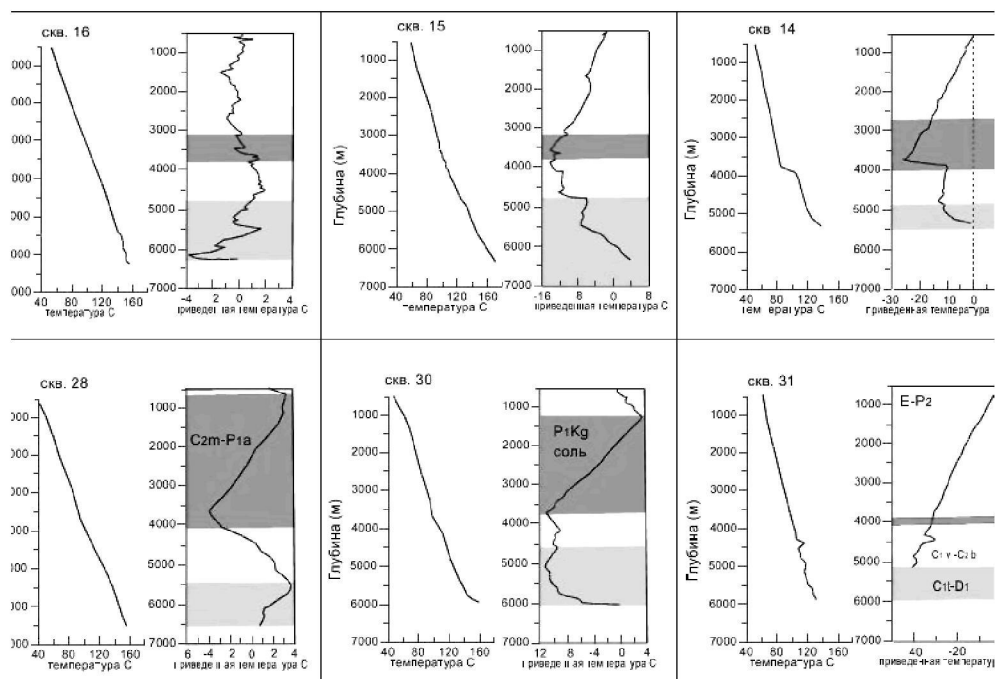


Рис. 4. Температура в глубоких скважинах [6]

O'Brien & Lerche [9], изучая аналитические модели теплового потока в окрестности изолированной диапировой соли, показали, что аномалия температуры (разница между температурой в точке и региональными тенденциями в подземных глубинах) в породах увеличивается выше диапировой соли, уменьшается в диапирах и снова увеличивается ниже диапировой соли. Расхождения в наклоне кривой температуры могут быть следствием позиции на фланге соляного купола, где могут произойти крупные изменения в тепловом поле [10]. Скважины подтверждают формирование аномально высоких градиентов на глубинах 3800 м и ниже.

Ермолкин [2] определил, что региональные окна генерации углеводородов колеблются от 100 до 150 °С в визейско-башкирских слоях и окнах газоконденсата 140 до 180 °С – в эйфельских в нижнефранкских слоях в зависимости от глубины осадков. В районе верхнекаменноугольного возраста до среднедевонского осадки могут попасть в углеводородное окно. Таким образом, результаты моделирования подтверждают гипотезу об образовании углеводорода в глубоких частях подсолевых отложений [7].

Можно сделать вывод о том, что соль диапиров оказывает большое влияние на образование газоконденсата на Астраханском своде. В южной части свода температура верхнекаменноугольных до среднедевонских отложений составляет 200 °С, имеются две области положительных аномалий температуры в подсолевых осадках, которые связаны с глубинной палеотектоникой бассейнов и с общим подъемом соли (подсолевым интерфейсом).

Библиографический список

1. *Бродский А. Ю.* Новый взгляд на структуру подсолевого Астраханского свода / А. Ю. Бродский, Е. Г. Юров, Э. В. Волож // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2008. – № 11. – С. 31–41.
2. *Ермолкин В. Л.* Углеводородные образования и накопление в подсолевых осадочных комплексах Прикаспийского бассейна / В. Л. Ермолкин, К. Х. Сорокова, А. А. Бобылева // Советская геология. – 1990. – № 3. – С. 31–40.
3. *Федоров Д. Л.* Геологические и геохимические условия для формирования Астраханского и Карачаганакского месторождений и нефтегазоносность Прикаспийской впадины и сопредельных районов / Д. Л. Федоров, О. К. Навроцкий. – М. : Наука. – С. 107–114.
4. *Corrigan J.* Heat flow and gravity responses over salt bodies: a comparative model analysis / J. Corrigan, M. Sweat // Geophysics. – 2007. – № 60. – P. 1029–1037.
5. *Ismail-Zadeh A.* Geothermal evolution of the Astrakhan arch region of the Pricaspian Basin / A. Ismail-Zadeh, H. Wilhelm, Y. Volozh // International Journal of Earth Science. – 2007. – № 10.
6. *Ismail-Zadeh A.* The Astrakhan Arch of the Pricaspian Basin: Geothermal analysis and modeling / A. Ismail-Zadeh, H. Wilhelm, Y. Volozh O. Tinakin // Basin research. – 2009. – P. 1365–2117.
7. *Kossarchuk G. P.* Oil-and-Gas Content of the Astrakhan arch / G. P. Kossarchuk. – Moscow : IRTs “GAZPROM”, 2008.
8. *Lopatin N. V.* Temperature and geologic time as factors in coalification. / N. V. Lopatin // Izvest Akad. Nauk SSSR. – 2008. – № 3. – P. 95–106.
9. *O'Brien J. J.* The influence of salt domes on paleotemperature distributions / J. J. O'Brien, I. Lerche // Geophysics. – 2007. – № 49. – P. 2032–2043.
10. *Vizgirda J.* Thermal anomalies on the Flanks of a salt dome / J. Vizgirda, J. J. O'Brien, I. Lerche // Geotherm. – 2009. – № 14. – P. 543–565.
11. *Volozh Y. A.* Salt structures and hydrocarbons in the Pricaspian basin / Y. Volozh, C. J. Talbot, A. T. Ismail-Zadeh // Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. – 2006. – № 87 (2). – P. 313–334.
12. *Warren J.* Evaporites: Their Evolution and Economics / J. Warren // Blackwell Science. – Oxford, 1996. – 438 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИРУЮЩИХ СПОСОБНОСТЕЙ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Х.М. Исламов, аспирант

*Казахский научно-исследовательский
геологоразведочный нефтяной институт,
тел.: (7122) 27-13-70 *108, e-mail: burenie@kaznigri.kz*

Рецензент: Журавлев Г.И.

Основной объем бурения в Прикаспийской впадине осуществляется на водных буровых растворах. Осложнение при обвалах и сужениях в глинистых интервалах происходит вследствие набухания и размокания глин в процессе их увлажнения, эти процессы находятся в сильной зависимости от типа ионов. Оказалось, что диффузионный перенос влаги в глинах зависит не только от градиента концентрации, но и видов ионов, участвующих в этом процессе.

Basic drilling in the Caspian depression is carried out at water chisel solutions. Difficulties during collapses and narrowings in clay intervals occur due to swelling of clay during its humidifying. These processes strongly depend on type of ions. It turned out that dif-