

16. Pykhalov V. V. *Geodinamicheskaya model formirovaniya zemnoy kory i osadochnogo chekhla Astrakhanskogo svoda i ee znachenie dlya otsenki filtratsionno-embkostnykh svoystv karbonatnykh otlozheniy po dannym geofizicheskikh metodov* [Geodynamic model of the earth's crust and sedimentary cover of the Astrakhan Arch and its importance for the evaluation of reservoir properties of carbonate deposits according to geophysical methods], Astrakhan, Astrakhan State Technical University Publ. House, 2008. 152 p.

17. Pykhalov V. V. *Osobennosti stroeniya i formirovaniya Karakulsko-Smushkovskoy zony dislokatsiy* [Features of the structure and formation of the Karakul and Smushkov zone of dislocation]. *Neft, gaz i biznes* [Oil and Gas Business], 2010, no. 9, pp. 52–56.

18. Pykhalov V. V. *Osobennosti stroeniya lovushek nefi, priurochennykh k antiklinalnym inversionnym strukturam Karakulskogo vala* [Features of the structure oil traps confined to anticlinal structures inversion Karakul shaft]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Astrakhan State Technical University], 2009, no. 1 (48), pp. 74–77.

**ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ
И ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ
В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ЮГО-ЗАПАДНОГО ОКОНЧАНИЯ
ПРЕДУРАЛЬСКОГО КРАЕВОГО ПРОГИБА
И ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ**

Навроцкий Олег Константинович

доктор геолого-минералогических наук, профессор

Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики
410012, Российская Федерация, г. Саратов, ул. Московская, 70
E-mail: nitaran@mail.ru

Зозырев Николай Юрьевич

кандидат геолого-минералогических наук

Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики
410012, Российская Федерация, г. Саратов, ул. Московская, 70
E-mail: zozyrev@mail.ru

Навроцкий Александр Олегович

кандидат геолого-минералогических наук

ООО «Сибгеотехсервис»

111397, Российская Федерация, г. Москва, ул. Новогиреевская, 29

E-mail: aonavr@gmail.com

В статье рассматриваются структурно-тектонические особенности строения соляных куполов, межсолевых мульд и возможные причины разрушения залежей углеводородов в подсолевых комплексах в зоне сочленения юго-западного окончания Предуральского краевого прогиба и Прикаспийской впадины. Особенность заключается в ориентировке осевых частей соляных куполов в западном направлении, тогда как осадочный комплекс имеет региональный подъем восточного направления в сторону уральских герцинид. Геохимические исследования кернa методами термического масс-спектрометрического и химико-битуминологического анализа, в том числе с применением методов ИК-спектроскопии, показали, что генерированные жидкие УВ

не были сохранены в ходе геологической истории и были подвергнуты механическому разрушению. Интенсивная дегидратация гипсов мощной соленосной формации привела к формированию огромного количества воды. Вода явилась не только мощной «гидрогеологической подушкой», но и растворителем солей. В Прикаспийской впадине предпосылок для галокинеза (автономного движения соли), при которых дифференцированная мощность соленосных толщ создавала условия текучести и перераспределения соляных масс, создавая мощные «зародыши» соляных куполов, предостаточно. Завершающий этап герцинской складчатости сопровождался проявлением тангенциальных сил со стороны Урала в западном направлении. Это привело к скольжению пермско-триасовой «литопластины» по «литопластине» подсолевого палеозоя в западном направлении. На этом этапе завершилось структурное соотношение соляных тел с наклоном их в западном направлении и региональном подъеме более жестких терригенных пород пермско-триасового возраста в восточном направлении. Скольжение верхней «литопластины» привело к разрушению залежей в подсольевых отложениях. Авторы статьи считают, что поиск месторождений нефти и газа в таких сложных геологических условиях необходимо осуществлять в комплексировании геофизических и геохимических исследований, например сейсмогеохимическое моделирование, построение энергодинамических моделей.

Ключевые слова: соляная тектоника, дегидратация гипсов, движение «литопластин», геохимические исследования керн, разрушение залежей углеводородов, сейсмогеохимическое моделирование, поиски залежей, герцинский этап

**FEATURES OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND FORMATION
OF HYDROCARBON DEPOSITS AT THE JUNCTURE
OF THE SOUTH-WESTERN PRE-URAL MARGINAL FOREDEEP
AND CASPIAN DEPRESSION**

Navrotskiy Oleg K.

D.Sc. in Geology and Mineralogy

Professor

Lower Volga Research Institute of Geology and Geophysics

70 Moskovskaya st., Saratov, 410012, Russian Federation

E-mail: nitaran@mail.ru

Zozyrev Nikolay Yu.

C.Sc. in Geology and Mineralogy

Lower Volga Research Institute of Geology and Geophysics

70 Moskovskaya st., Saratov, 410012, Russian Federation

E-mail: zozyrev@mail.ru

Navrotskiy Aleksandr O.

C.Sc. in Geology and Mineralogy

JSC "SibGeoTehServis"

29 Novogireevskaya st., Moscow, 111397, Russian Federation

E-mail: aonavr@gmail.com

The article discusses structural and tectonic characteristics of the salt domes, intersalt troughs and possible causes of the hydrocarbon deposit destruction in subsalt complexes at the junction of the southwestern Pre-Ural foredeep and the Caspian depression. Remarkably, the axial parts of the salt domes are oriented to the west, while the sedimentary complex is

regionally uplifted eastward towards the Ural Hercynides. Geochemical studies of core samples with methods of thermal mass spectrometry and chemical and bituminologic analysis, including IR-spectroscopy, demonstrated that the generated liquid hydrocarbons have not been preserved during the geological history and were subjected to mechanical destruction. The intense gypsum dehydration from a thick salt-bearing formation resulted in the development of a huge amount of water. The water served not just as a powerful "hydrogeological cushion", but also as a salt solvent. The Caspian depression has abundant conditions for halokinesis (autonomous movement of salt), in which differential thickness of the salt formations generated conditions for salt fluidity and salt mass redistribution thus creating potent salt dome "nuclei". The final stage of Hercynian folding was accompanied with the tangential forces display from the Urals in the western direction, leading to the Permian and Triassic "lithoplate" sliding over subsalt Paleozoic "lithoplate" to the west. At this stage, the structural correlation of salt bodies with their westerly slope and regional rise of the harder terrigenous Permian and Triassic rocks to the east was completed. The upper "lithoplate" sliding led to the deposit destruction in the subsalt sediments. Authors of the article believe that search of deposits of oil and gas in such complex geological settings necessary to carry out in integration of geophysical and geochemical research, such as seismic and geochemical modeling, construction of energy-dynamic models.

Keywords: salt tectonics, gypsum dehydration, "lithoplate" movement, geochemical studies of core samples, hydrocarbon deposit destruction, seismic and geochemical modeling, search of deposit, Hercynian stage

На одном из сейсмических профилей, обработанных в южной части Предуральского прогиба (рис. 1), выявлена интересная деталь геологического строения данной территории: ориентировка осевых частей соляных куполов и разрывные нарушения в подсолевом палеозое – западного направления, осадочный комплекс межсолевых мульд имеет региональный подъем восточного направления в сторону уральских герцинид (рис. 2).

Аналогичная картина (рис. 3) показана в работе К.А. Маврина [6].

Литогеохимические исследования керн палеозойского возраста в одной из скважин (Вершиновская площадь), пробуренной в межкупольной мульде и вскрывшей породы палеозойского возраста, установлены следы разрушенной нефтяной залежи. Геохимическая характеристика керн была получена на основе термического масс-спектрометрического анализатора «Литотерм-1000» (фирма «ВИНЭКС», Республика Беларусь), аналог «Rock-Eval») и химико-битуминологического анализа керн, в том числе с применением методов ИК-спектроскопии.

Особенность современного геологического строения, геохимические признаки разрушенных залежей в подсолевом палеозое в скважинах, пробуренных в межкупольных мульдах, дают основание изложить свою версию формирования скоплений УВ, их разрушения и поиска на данной территории.

На такой сложный вопрос однозначного толкования быть не может, тем более при существующих различиях в представлениях об источниках генерации УВ и дальности их миграции.

Проведенные ранее исследования свидетельствуют о тесной парагенетической связи зон генерации УВ и зон формирования месторождений с некоторым «сдвигом по фазе» для керогенов сапропелевого и гумусового типов в чистом виде и об ограниченности миграционных процессов [7, 8.].

На исследуемой территории для подсолевого палеозоя характерно существование отдельных фрагментов геологического разреза с высоким миграционным потенциалом органического вещества. Изученные битумоиды по своим геохимическим характеристикам могут быть отнесены либо к «разрушенным» бывшим нефтегазоконденсатным скоплениям, либо к реликтам из

зон водонефтяных контактов (наличие твердых битумов, высокое содержание в них кислородсодержащих структур).

По данным литологического и люминесцентно-микроскопического исследования, органическое вещество представлено в виде дискретных точечных вкраплений без каких-либо признаков его миграционной дифференциации: ОВ → смолистые компоненты → УВ. Кроме того, ОВ зафиксировано не только в рассеянном состоянии, по плоскостям напластования, но и по зеркалам скольжения.

Складывается впечатление, что генерированные жидкие УВ не были сохранены в ходе геологической истории и были подвергнуты механическому разрушению.

Анализируя геологический, геофизический материал и соответствующую литературу, авторы статьи пришли к выводу, что на данной территории существовали все предпосылки для разрушения залежей УВ или к их перераспределению.

Из многочисленных вопросов, которые возникают при анализе геолого-геофизического материала (почему, например, поверхность подсолевого палеозоя «ровная»; соляные купола не имеют генетической связи с подсолевым ложом; оси соляных куполов имеют различный азимут падения; структура надсолевого комплекса, кроме осложненных, связанных с соляной тектоникой, имеет региональный подъем в сторону уральских герцинид; часто наблюдаются «висячие», не имеющие корней, разломы?) попытаемся ответить на некоторые из них.

На геофизических профилях в основании соленосных отложений достаточно четко прослеживаются толщи, которые преимущественно сложены сульфатами кальция (ангидритами). Это вполне нормально и вписывается в логику формирования карбонатно-эвапоритовых формаций: известняки → доломиты → сульфаты → хлориды натрия → калийные соли.

Необходимо обратить внимание на достаточно известную и тривиальную истину – сульфаты кальция первоначально осаждаются в виде гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), когда соленость первичного раствора (морская вода при 25°C) увеличится в 5 раз, а при восьмикратном увеличении начинается садка ангидрита (CaSO_4) [12].

Литологические описания кернов из глубоких скважин везде фиксируют наличие ангидрита, но не гипса. Куда делась вода? Естественно предположить, что дегидратация гипсов и переход их в ангидриты происходит по мере погружения пород на большие глубины с высокими температурами и давлениями. Обращаем внимание на тот факт, что здесь идет речь об ангидритах в основании соленосных формаций, а не в кровле солей. Тогда идет обратный процесс гидратации ангидритов и переход их в гипсы, сопровождающийся увеличением объема пород и «гипсовой тектоникой».

Справочные данные свидетельствуют о широком температурном диапазоне дегидратации гипсов от 40 до 200°C . Приемлемые для этих процессов температуры возможны на глубинах около 1500 м. Рассчитано, что 1 м^3 гипса может выделить около $0,5 \text{ м}^3$ воды. Далее можно перейти к астрономическим цифрам выделившейся воды в основании соленосных формаций. К тому же необходимо отметить, что выделившаяся вода не является рассолом, а мощным растворителем солей.

Таким образом, наша мысль сводится к тому, что на границе подсолевые карбонатные комплексы – сульфатные возможно существование водных растворов. Эти растворы могли служить как растворители солевых отложений, с одной стороны, и, с другой, – неким смазочным материалом между упомянутыми комплексами пород.

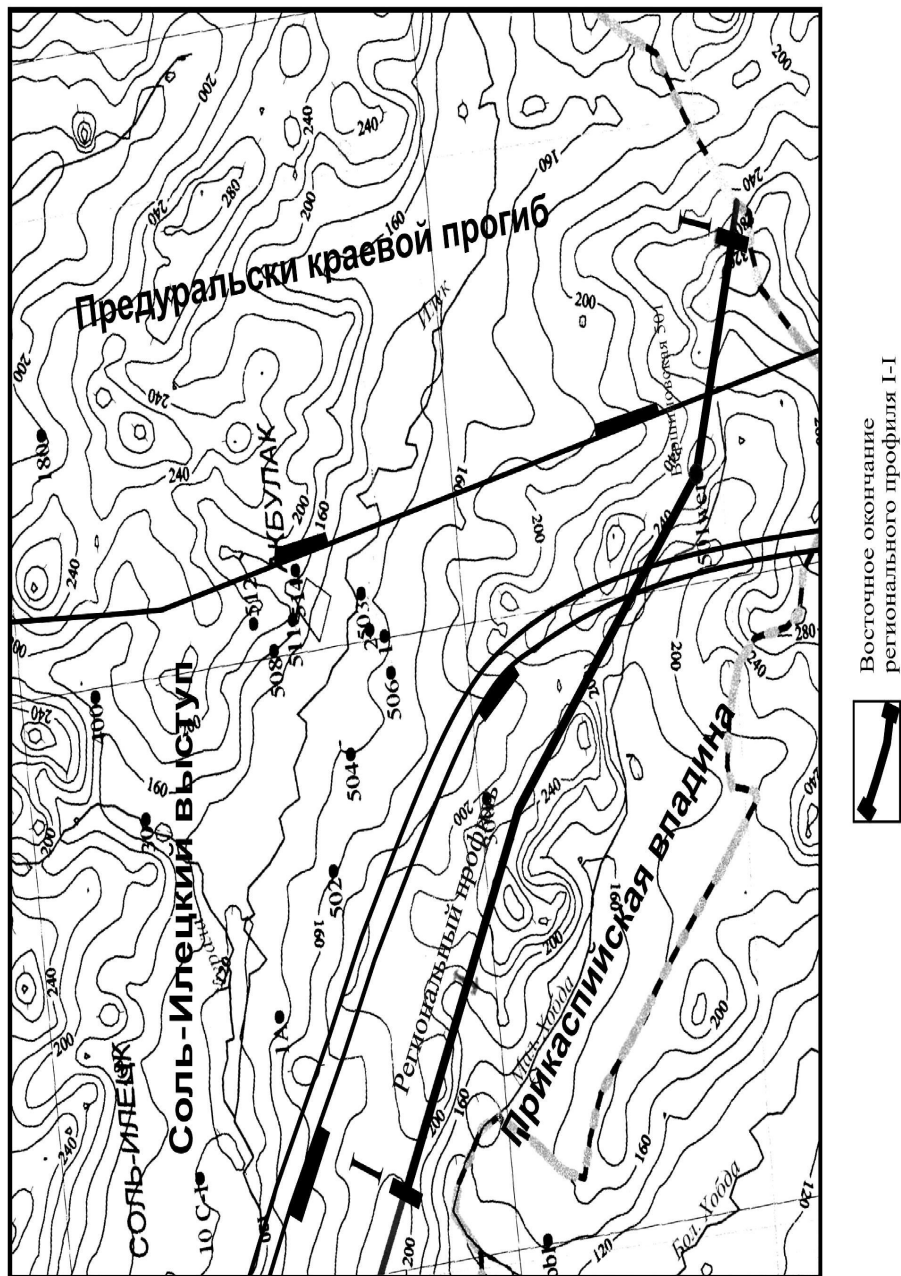


Рис. 1. Обзорная схема района работ

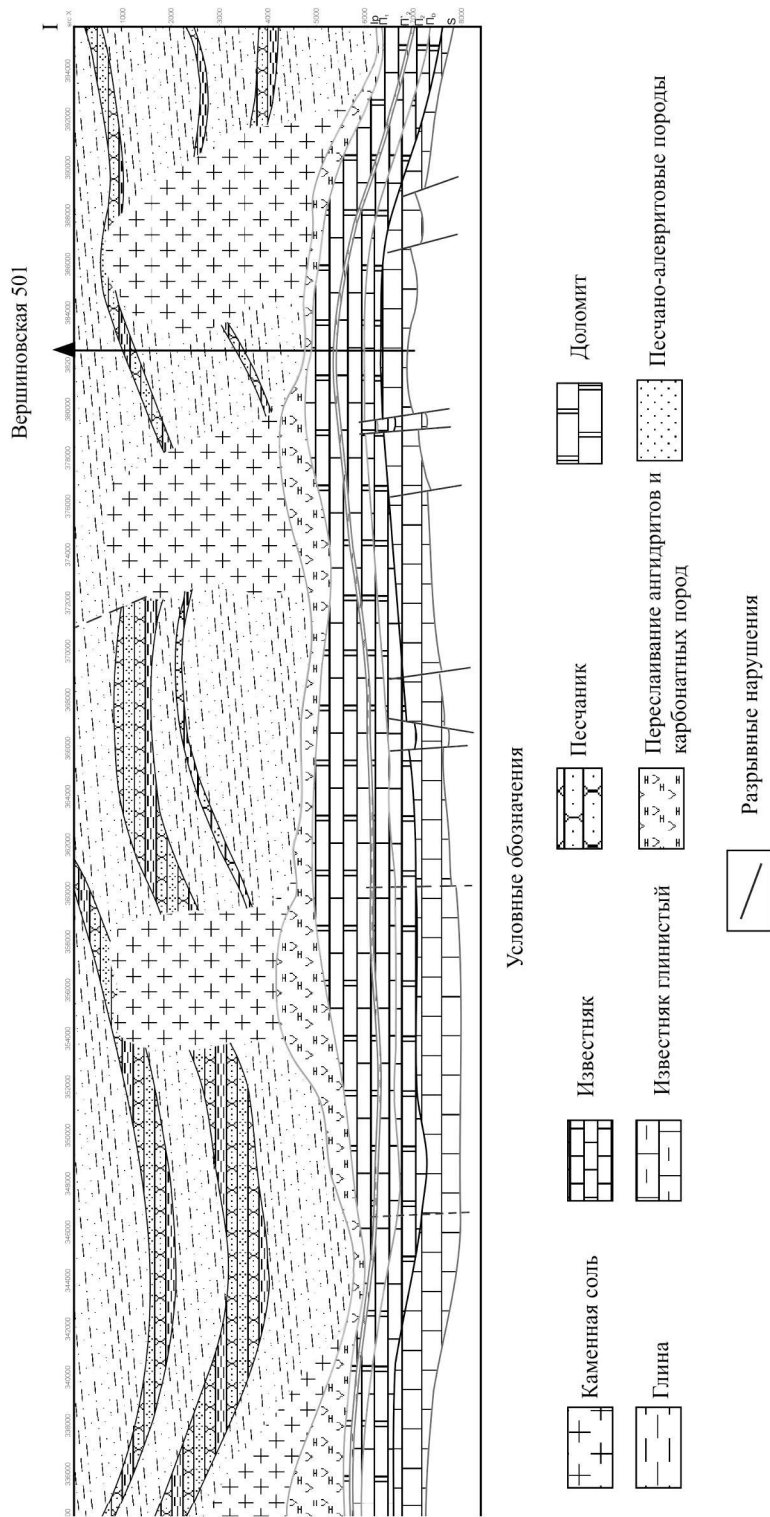


Рис. 2. Восточное окончание регионального профиля

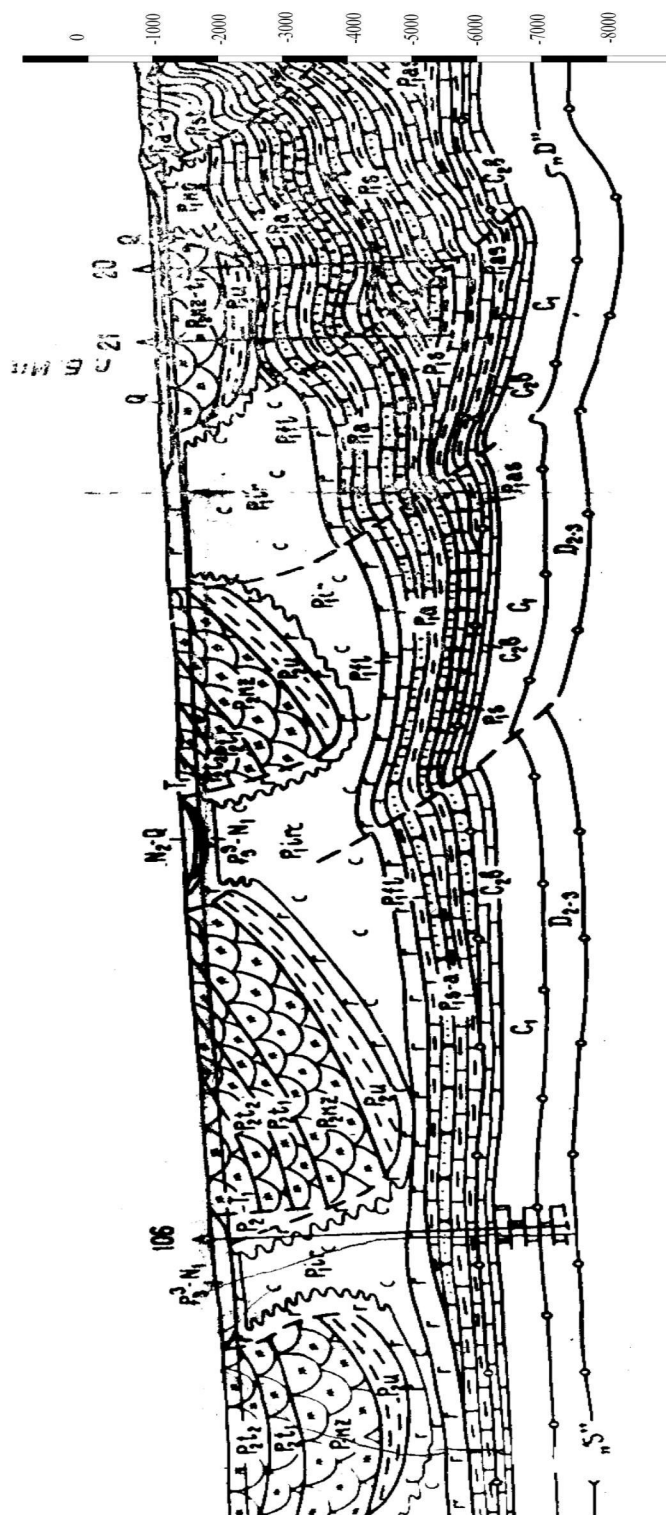


Рис. 3. Фрагмент геолого-геофизического разреза Предуральского краевого прогиба (К. А. Маврин, 1988)

Наиболее популярная точка зрения в объяснении соляной тектоники – это дифференцированная роль давлений перекрывающих соль терригенных пород, создающих условия для текучести соли и соответствующего перераспределения соляных масс. Полной ясности в этом вопросе до сих пор нет. Тем более, что для обеспечения такой терригенной «гири» необходимо иметь соответствующий эрозионный рельеф, в котором должно происходить осадконакопление – своеобразный бедленд.

Поскольку рельеф дна при соленакоплении первоначально был далеко не идеально ровным, естественно, что конседиментационные структурные и палеогеоморфологические поверхности приводили к дифференцированному по мощности соленакоплению.

Согласно Н.М. Проскурякову, Р.С. Пермякову и А.К. Чернякову [11], предел текучести кристаллов галита варьирует в пределах всего от 7 до 50 атм. Такие давления при плотности соли в $2,15 \text{ г/см}^3$ развиваются в ее толще на глубине уже в 200 м от ее кровли.

Таким образом, на таких глубинах каменная соль уже приобретает пластичные свойства, «течет» или «ползет» из мест большего действующего давления в места меньшего. Если учесть, что первоначальные мощности соли составляли, например, в Прикаспийской впадины 900–8000 м [3], то предпосылок для галокинеза (автономного движения соли), при которых дифференцированная мощность соленосных толщ создавала условия текучести и перераспределения соляных масс, создавая мощные «зародыши» соляных куполов, предостаточно.

Впоследствии терригенные отложения, накапливающиеся в межкупольных пространствах, доформировывали «соляную тектонику».

Для поисковых работ в областях с развитой соляной тектоникой важна оценка ситуаций, которые изложены в работе В.Д. Когана [4]. В этой работе автор достаточно детально рассмотрел всевозможные причины и соотношения структурных планов подсолевого палеозоя, пермской галогенной формации и надсолевых отложений.

Таким образом, особенность геологического строения (рис. 2) объясняется следующим: завершающий этап герцинской складчатости сопровождался проявлением тангенциальных сил со стороны Урала в западном направлении. Это привело к скольжению пермско-триасовой «литопластины» по «литопластине» подсолевого палеозоя в западном направлении. В результате произошла деформация наиболее пластичных толщ. Этому способствовало не только наличие «гидрогеологической смазки» на границе литопластин (обилие дегидратированной воды), но и энергетические возможности самих литолого-формационных комплексов – соленосного и терригенного пермо-триасового возраста.

В результате тангенциальных движений в западном направлении со стороны Урала завершилось в окончательном варианте формирование соляных тел, наклон их в западном направлении и региональном подъеме более жестких терригенных пород пермско-триасового возраста в восточном направлении. В определенных участках движения сопровождалось и разрывом сплошности пород. Такие разломы не имеют глубоких корней и не связаны с вертикальными подвижками блоков фундамента.

Об энергетических возможностях осадочных толщ при складкообразовании и появлении «висячих» разломов сказано в работе В.П. Гаврилова и других ученых [1]. Суть идеи заключается в том, что складкообразование в земной коре не обязательно связывать с тектоническими силами (например, с общим сжатием). Оно может протекать без приложения к толщам пород, испы-

тывающим смятие в складки, сил извне. Причина кроется, по мнению авторов, в энергетических возможностях самих осадочных пластичных комплексах пород, приводящих к автономному складкообразованию. Баженовская свита Западно-Сибирской впадины приводится в качестве одного из примеров глинистых осадочных толщ с высоким энергетическим потенциалом. Наглядным примером его реализации служит керн баженовской свиты, который, после его отбора, сам, без вмешательства, в течение нескольких дней изогнулся и превратился в гармошку.

К таким энергоемким породам, способным формировать автономную, «бескорневую», складчатость относятся, кроме глин, еще толщи соленосных и ангидрит содержащих пород.

Возвращаясь к изучаемому профилю, вполне разумно предположить, что скольжение верхней «литопластины» могло привести к разрушению залежей в подсолевых отложениях, что наблюдаем в крновом материале.

Поиск месторождений нефти и газа в таких сложных геологических условиях авторы видят в комплексировании геофизических и геохимических исследований, например сейсмогеохимическое моделирование [10], построение энергодинамических моделей [9].

Построенные энергодинамические модели для исследуемой территории показали, что минимальные потенциальные энергии, которые свойственны месторождениям нефти и газа [2, 5], характерны для подсолевого палеозоя в зоне развития максимальных соленосных толщ.

Редкая практика показала, что при проводке скважины через соляной купол в карбонатных породах палеозойского возраста обнаружена залежь углеводородов.

Список литературы

1. Гаврилов В. П. Зоны нефтегазонакопления жильного типа / В. П. Гаврилов, Б. В. Григорьянц, П. И. Дворецкий и другие. – Москва : Недра, 2000. – 152 с.
2. Дальберг Э. Ч. Использование данных гидродинамики при поисках нефти и газа / Э. Ч. Дальберг. – Москва : Недра, 1985. – 149 с.
3. Джумагалиев Т. Н. Геология и нефтегазоносность Западной части Прикаспийской впадины / Т. Н. Джумагалиев, Б. Г. Мойсик, С. У. Утегалиев, В. Ф. Поплевин. – Москва : Недра, 1970. – 176 с.
4. Коган В. Д. Возможные варианты структуры пермской галогенной формации в Прикаспийской впадине / В. Д. Коган // Геолого-геофизические исследования в Нижнем Поволжье. – Саратов : Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, 1973. – Ч. 2. – С. 51–60.
5. Кулаков Н. В. Палеогидрогеологические условия формирования газонефтяных месторождений / Н. В. Кулаков. – Москва : Недра, 1964. – 194 с.
6. Маврин К. А. Тектоника, палеогидрогеология и полезные ископаемые Южного Предуралья / К. А. Маврин. – Саратов : Саратовский университет имени Н. Г. Чернышевского, 1988. – 220 с.
7. Навроцкий О. К. О дальности миграции углеводородов при формировании месторождений в терригенных комплексах / О. К. Навроцкий, Г. И. Тимофеев, А. О. Навроцкий // Геолого-экономические перспективы расширения минерально-сырьевой базы Поволжского и Южного регионов Российской Федерации и пути их реализации в 2003–2010 гг. : тезисы докладов научно-практической региональной конференции. – Саратов : Сибирское отделение Евро-Азиатского геофизического общества, 2002. – С. 109–110.
8. Навроцкий О. К. Об импульсном характере процессов нефтегазообразования и формирование залежей углеводородов / О. К. Навроцкий, Г. И. Тимофеев, А. О. Навроцкий // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2008. – № 55. – С. 21–23.
9. Навроцкий А. О. Повышение эффективности нефтегазопроисковых работ на основе комплексирования геофизических и геохимических методов : автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук / А. О. Навроцкий. – Саратов : Саратовский университет имени Н. Г. Чернышевского, 2004. – 21 с.

10. Навроцкий О. К. Совершенствование методики оценки перспектив нефтегазоносности региональных и локальных объектов на базе сейсморазведки и глубинной геохимии (сейсмогеохимическое моделирование) / О. К. Навроцкий, И. Н. Сидоров, А. О. Навроцкий // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. К созданию общей теории нефтегазоносности недр. Книга 2. – Москва : ГЕОС, 2002. – С. 36–39.

11. Проскуряков Н. М. Физико-механические свойства соляных пород / Н. М. Проскуряков, Р. С. Пермяков, А. К. Черников. – Ленинград : Недра, 1973. – 272 с.

12. Шмальц Р. Ф. Генетическая модель глубоководного отложения эвапоритов / Р. Ф. Шмальц // Соленакпление и соленосные отложения осадочных бассейнов. – Москва : Недра, 1972. – С. 5–45.

References

1. Gavrillov V. P., Grigoryants B. V., Dvoretzkiy P. I., et al. *Zony neftegazonakopleniya zhilnogo tipa* [Zones of oil and gas accumulation of lode type], Moscow, Nedra Publ., 2000. 152 p.

2. Dalberg E. Ch. *Ispolzovanie dannykh gidrodinamiki pri poiskakh nefiti i gaza* [Using the data of hydrodynamics for oil and gas], Moscow, Nedra Publ., 1985. 149 p.

3. Dzhumagaliev T. N., Moysik B. G., Utegaliev S. U., Poplevin V. F. *Geologiya i neftegazonosnost Zapadnoy chasti Prikaspiyskoy vpadiny* [Geology and oil and gas bearing of the western part of Caspian depression], Moscow, Nedra Publ., 1970. 176 p.

4. Kogan V. D. *Vozmozhnye varianty struktury permskoy galogennoy formatsii v Prikaspiyskoy vpadine* [The possible options for the structure of the Permian formation of halogen in the Caspian depression]. *Geologo-geofizicheskie issledovaniya v Nizhnem Povolzhe* [Geological and Geophysical Investigations in the Lower Volga Region], Saratov, Saratov State University named after N. G. Chernyshevsky Publ. House, 1973, part 2, pp. 51–60.

5. Kulakov N. V. *Paleogidrogeologicheskie usloviya formirovaniya gazoneftnykh mestorozhdeniy* [Paleogidrogeological conditions of formation of gas and oil deposits], Moscow, Nedra Publ., 1964. 194 p.

6. Mavrin K. A. *Tektonika, paleogidrogeologiya i poleznye iskopaemye Yuzhnogo Preduralya* [Tectonics, paleogidrogeology and minerals of Southern Urals], Saratov, Saratov State University named after N. G. Chernyshevsky Publ. House, 1988. 220 p.

7. Navrotskiy O. K., Timofeev G. I., Navrotskiy A. O. *O dalnosti migratsii uglevodorodov pri formirovani mestorozhdeniy v terrigenykh kompleksakh* [About the range of hydrocarbon migration in the formation of deposits in the terrigenous complexes]. *Geologo-ekonomicheskie perspektivy rasshireniya mineralno-syrevooy bazy Povolzhskogo i Yuzhnogo regionov Rossiyskoy Federatsii i puti ikh realizatsii v 2003–2010 gg. : teziy dokladov nauchno-prakticheskoy regionalnoy konferentsii* [Geological and Economic Prospects of Expanding the Mineral Resource Base of the Volga and Southern Regions of the Russian Federation and the Ways of Their Implementation in 2003–2010. Proceedings of Scientific and Practical Regional Conference], Saratov, Siberian Branch of the Euro-Asian Geophysical Society Publ. House, 2002, pp. 109–110.

8. Navrotskiy O. K., Timofeev G. I., Navrotskiy A. O. *Ob impulsnom kharaktere protsessov neftegazooobrazovaniya i formirovaniye zalezhey uglevodorodov* [About the pulsed nature of the processes of oil and gas generation and the formation of hydrocarbon deposits]. *Nedra Povolzhya i Prikaspiya* [Bowels of Volga and Caspian Region], 2008, no. 55, pp. 21–23.

9. Navrotskiy A. O. *Povyshenie effektivnosti neftegazoposkovykh rabot na osnove kompleksirovaniya geofizicheskikh i geokhimicheskikh metodov* [Improving the efficiency of oil and gas exploration on the basis of integration of geophysical and geochemical methods], Saratov, Saratov State University named after N. G. Chernyshevsky Publ. House, 2004. 21 p.

10. Navrotskiy O. K., Sidorov I. N., Navrotskiy A. O. *Sovershenstvovanie metodiki otsenki perspektiv neftegazonosnosti regionalnykh i lokalnykh obektov na baze seysmorazvedki i glubinnoy geokhimii (seysmogeokhimicheskoe modelirovaniye)* [Improved methods of assessing the hydrocarbon potential of regional and local facilities based on seismic and deep geochemistry (seysmogeokhimicheskoe modeling)]. *Novye idei v geologii i geokhimii nefiti i gaza. K sozdaniyu obshchey teorii neftegazonosnosti neдр. Kniga 2* [New Ideas in Geology and Geochemistry of Oil and Gas. Towards a General Theory of oil and gas bearing of bowels. Book 2], Moscow, GyeOS Publ., 2002, pp. 36–39.

11. Proskuryakov N. M., Permyakov R. S., Chernikov A. K. *Fiziko-mekhanicheskie svoystva solyanykh porod* [Physical and mechanical properties of salt rocks], Leningrad, Nedra Publ., 1973. 272 p.

12. Shmalts R. F. *Geneticheskaya model glubokovodnogo otlozheniya evaporitov* [Genetic model of deepwater deposition of evaporites], Moscow, Nedra Publ., 1972, pp. 5–45.