

## СТРУКТУРНО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НИЖНЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

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

Осадочный чехол Прикаспийской впадины включает в себя широкий стратиграфический диапазон осадочных пород и благоприятный палеорежим длительного и устойчивого прогибания. И. М. Губкин при изучении многочисленных геологических факторов выделял в качестве определяющих тектонику и палеотектонику. Закономерности и условия осадконакопления зависят от происходящих в это время тектонических процессов. В работе показана актуальность применения новых методов изучения осадочных отложений, в частности – палеогеоморфологического. Целью исследования является научное обоснование перспектив нефтегазоносности и повышения прогноза нижнекаменноугольного комплекса отложений Прикаспийской впадины с учётом влияния палеотектонического и палеогеоморфологического факторов. Методология изучения основана на выявлении роли палеотектонического метода при определении закономерностей и условий осадконакопления нижнекаменноугольных отложений данной территории, происходящих при благоприятном сочетании литолого-фациальных, геохимических, гидрогеологических и термобарических условий. Нами проведены исследования закономерностей и условий осадконакопления в пределах Астраханского свода. Установлено, что в течение всего палеозойского времени геотектонический режим представлял собой многократное чередование движений, различных по знаку. Также было выявлено, что многочисленные трансгрессии и регрессии меняли условия осадконакопления. На территории происходило частое перемещение береговых линий, возникали перерывы и несогласия в пределах островных зон. В результате проведённых работ было установлено, что современный структурный план палеозойских отложений унаследовал рельеф поверхности фундамента. При изучении данного вопроса были использованы материалы трёхмерной сейсморазведки 3Д ОГТ-64 и площадной сейсморазведки 2Д, а также керновый и шламовой материалы по данным бурения параметрических скважин. Таким образом, изучение палеогеоморфологических предпосылок осадконакопления в нижнекаменноугольных отложениях с учётом их региональных особенностей развития позволяют на научном уровне выявить закономерности их геологического развития и выявить территории для более детального изучения.

**Ключевые слова:** Прикаспийская впадина, Астраханский свод, палеотектоника, палеогеоморфология, осадконакопление, нижнекаменноугольные отложения

## STRUCTURAL AND FACIAL PREREQUISITES SEDIMENTATION NIZHNEKAMENNOUGOLNYKH OTLOZHENIY OF CASPIAN DEPRESSION

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

The sedimentary cover of Caspian Depression includes the wide stratigraphic range of sedimentary rocks and the favorable paleomode of a long and steady progradation. I.M. Gubkin when studying numerous geological factors allocated as defining – tectonics and paleotectonics. Regularities and conditions of sedimentation depend on the tectonic processes happening at this time. In work the relevance of application of new

methods of studying of sedimentary deposits, in particular – paleogeomorphological. Research objective is scientific justification of prospects of oil-and-gas content and increase in the forecast of a Lower Carboniferous sedimentary complex of Caspian Depression taking into account influence of paleotectonic and paleogeomorphological factors. The methodology of the study is based on identifying the role of the paleotectonic method in determining the patterns and conditions of sedimentation of lower stony coal deposits in a given territory, occurring under a favorable combination of lithological-facies, geochemical, hydrogeological and thermobaric conditions. Researches of regularities and conditions of sedimentation within Astrakhan Anticline are conducted. It is established that during the whole Paleozoic time, the geotectonic mode represented repeated alternation of the movements various according to the sign. Also it was revealed that numerous transgressions and regressions changed sedimentation conditions. On the territory there was a frequent relocation of coastlines, there were breaks and disagreements within island zones. As a result of the carried-out works it was established that the modern structural plan of Paleozoic deposits inherited a relief of a surface of the base. When studying the matter materials of three-dimensional seismic exploration 3D OGT-64 and vulgar seismic exploration 2D and also core and slurry materials were used according to drilling of parametrical wells. The paleogeomorphological of prerequisites of sedimentation in the Lower Carboniferous deposits taking into account their regional features of development regularities of their geological development allow to reveal studying at the scientific level and to reveal territories for more detailed studying.

**Keywords:** Caspian Depression, Astrakhan Anticline, paleotektonik, paleogeomorfologiya, sedimentation, nizhnekamennougolny deposits

Впервые палеотектонические методы исследований были рассмотрены В. В. Белоусовым. Он обосновал в своих работах метод мощностей на примере исследования верхнеюрских и нижнемеловых отложений Кавказа. Тогда же, в 1937 г., Н. С. Шатским был определён метод мощностей как важнейший при тектонических исследованиях. На примере третичного разреза Западного Кавказа А. В. Ульянов изучал зависимость между нефтеносностью и мощностью отдельных пластов. Впервые же научное обоснование значения палеотектонического анализа было дано в труде «О некоторых вопросах теории геотектонического развития крупных структурных элементов земной коры в связи с изучением их нефтегазоносности» А. А. Бакировым и М. Ф. Мирчинком.

При изучении нефтегазоносных регионов Америки и Ближнего Востока А. А. Бакиров обратил внимание на то, что области региональной нефтегазоносности отдельных стратиграфических подразделений приурочены к районам наибольшего прогибания.

Большой вклад в развитие палеотектонических методов исследований внёс В. Е. Хаин. В результате своих исследований автор делает вывод о том, что изучение истории развития складчатой структуры не менее важно, чем изучение её морфологии.

При палеотектоническом изучении региона необходимо, помимо палеотектонического развития, учитывать всю совокупность факторов (палеогеографические, литолого-фациальные, гидрогеологические), которые обуславливают размещение зон нефтегазоаккумуляции. К таким выводам пришёл в результате своих исследований, в частности, А. А. Бакиров в труде «Геологические основы прогнозирования недр»

Для палеотектонических реконструкций в нефтегазовой геологии применяется метод мощностей и фаций. Исследованиям в этой области большое внимание уделили В. В. Белоусов, Н. С. Шатский, А. В. Пейве, Ю. А. Косыгин,

А. Л. Яншин, Р. Г. Гарецкий, С. П. Максимов, В. Е. Хаин, Н. И. Воронин и др. Суть метода заключается в том, что мощности отложений эпиконтинентальных бассейнов являются функцией тектонических движений и отражают темп и амплитуду вертикальных движений земной коры [1].

По мнению В. В. Белоусова, распределение мощностей не зависит от состава осадков и физико-географических условий их седиментации. Другие исследователи – Ю. А. Косыгин, Н. М. Страхов, А. В. Пейве – выдвигают ряд причин, которые не позволяют, по их мнению, широко использовать данный метод:

1. Во многих случаях происходит перекомпенсация либо недокомпенсация осадками тектонического прогибания. Точная компенсация – явление крайне редкое.

2. Мощность пластов зависит от литологического состава пород (уплотнение глин, например, больше, чем уплотнение песков).

3. Мощность осадков зависит от фациальной обстановки.

4. На распределение мощностей влияют эрозионные формы.

При изучении условий формирования областей местоскоплений учёные рассматривают соотношения ныне существующих зон с ранее существовавшими седиментационными прогибами, понимая под последними замкнутую область накопления осадков в водном бассейне.

В соответствии с принципом наименьшей затраты энергии движение флюидов, выжатых из осадков, происходит в направлении наибольшей проницаемости, т. е. по напластованию, а не в вертикальном направлении через глинистые слои [2].

Наиболее благоприятными участками, где проявляются силы натяжения и имеются протяжённые проницаемые каналы, направленные к краям бассейна и способствующие формированию местоскоплений в отложениях нижнего карбона, являются зоны древнего морского побережья и особенно участки развития палеодельт. Песчаные отложения древних русел и их рукавов являются хорошо изолированными вверх по восстанию структурами.

Наряду с геотектоническим и гидродинамическим режимом особое значение имеют и литолого-фациальные особенности осадочных пород, поэтому пространственное размещение зон местоскоплений будет максимальным вдоль периферийных обрамлений бассейна, где происходит смена фаций и чаще всего наблюдается выклинивание проницаемых слоёв вверх по восстанию.

Результаты палеотектонических реконструкций нижнекаменноугольных отложений территории Астраханского свода направлены на выявление перспективных в нефтегазоносном отношении комплексов. Использование этих исследований позволяет более достоверно проводить прогнозные оценки данного региона.

Палеогеоморфологические процессы, проявившиеся в *предтурнейское* время, в пределах территории Астраханского свода сформировали соответствующий палеорельеф (рис. 1).

На отдельных участках происходит унаследованное развитие тех или иных областей территории от предфранского (среднедевонского) через предфаменское к предтурнейскому времени [3; 4]. В других же районах начинает заметно преобладать раздробленность некогда монолитных форм, на более мелкие формы рельефа. Остаётся почти неизменной общая ориентировка различных областей палеогеоморфологических единиц.

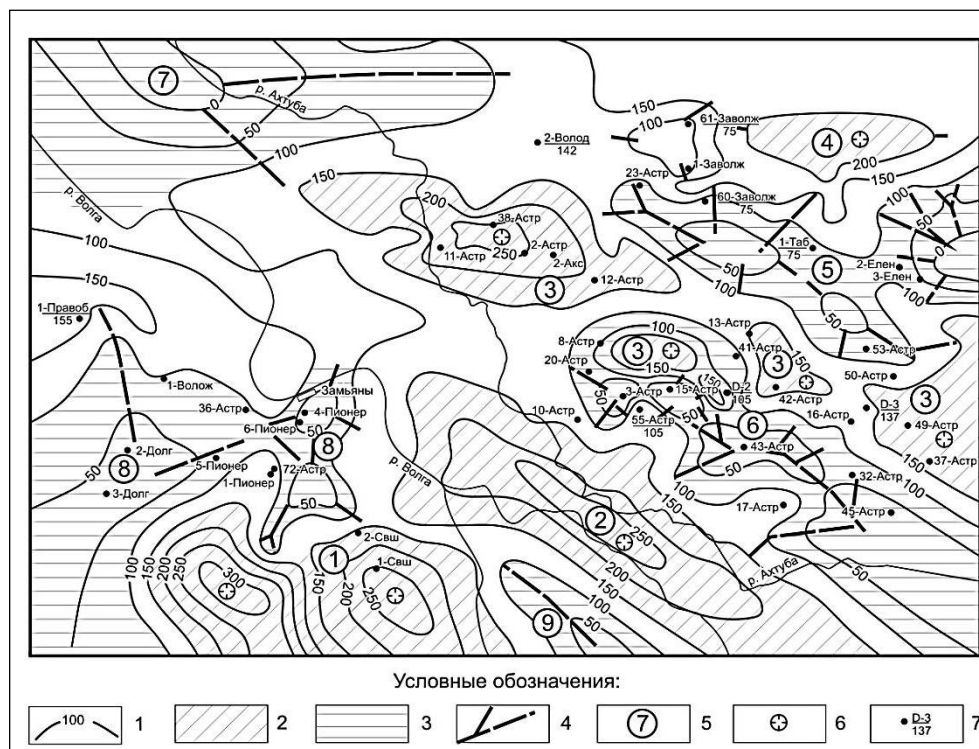


Рис. 1. Палеогеоморфологическая карта предтурнейской поверхности территории: 1 – изогипсы относительного превышения палеорельефа, м; 2 – области денудации; 3 – области аккумуляции; 4 – ложбины стока; 5 – номера областей, участков; 6 – карстовые формы рельефа; 7 – скважины (числитель – номер скважины, знаменатель – относительная отметка палеорельефа, м)

По степени проявившихся рельефообразующих процессов на территории исследования можно выделить левобережную, пойменную и правобережную части. В левобережной части почти через всю площадь прослеживается развитие денудационных форм предтурнейского палеорельефа.

Наиболее крупной является форма рельефа в виде отдельного хребта протяжённостью более 40 км и шириной 10 км. Он оконтуривается изогипсой 150 м, с относительной отметкой 250 м (скв. 38 Астраханская). Эта гряда развития положительных форм рельефа служит водоразделом между двумя областями аккумуляции. Первая в современном структурном плане почти полностью охватывает территорию Еленовского вала. Здесь наблюдается ряд замкнутых мульдовых понижений рельефа.

В районе скв. 2 Володарской намечается развитие еще одной области аккумуляции. Амплитуда меняется от 0 до 100 м, её протяжённость в субширотном направлении составляет более 50 км, ширина – 12 км. Палеогидросеть имела большую протяжённость – более 30 км. Борты понижения очень пологие, спокойные, без осложнений [5].

Пойменная область развития денудационного предтурнейского палеорельефа протягивается по современной Волго-Ахтубинской пойме на расстояние 55 км и уходит далее в дельтовую часть р. Волги. Максимальная относительная отметка данной формы рельефа равна или несколько превышает 250 м. Повышенная часть протягивается согласно общему направлению

в виде узкого гребня (2,4 км) на расстоянии 19,2 км. Склоны поднятия пологие, без каких-либо осложнений.

Правобережная часть представляла собой сочетание двух областей развития палеорельефа – денудационного и аккумулятивного.

Область развития денудационного рельефа представляла собой крупное по размерам двухвершинное куполовидное поднятие размером 35–37 км в ширину и 16–19 км в длину. Крутизна склонов этих форм рельефа имела незначительные величины.

Область аккумуляции имеет квадратоподобную форму с мульдообразным понижением рельефа по изогипсе 50 м. Палеогидросеть в виде ложбин стока имела весьма малые размеры, но в отдельных случаях остигала 15 км и более. На район скв. 1 Правобережной приходится самая высокая относительная отметка палеорельефа 155 м.

На территории в претурнейское время в процессе формирования палеорельефа процессы аккумуляции преобладали над эрозией и денудацией.

Палеорельеф предвизейской поверхности (рис. 2) характеризуется своей монолитностью, незначительной дифференцированностью, большими по величине относительными отметками.

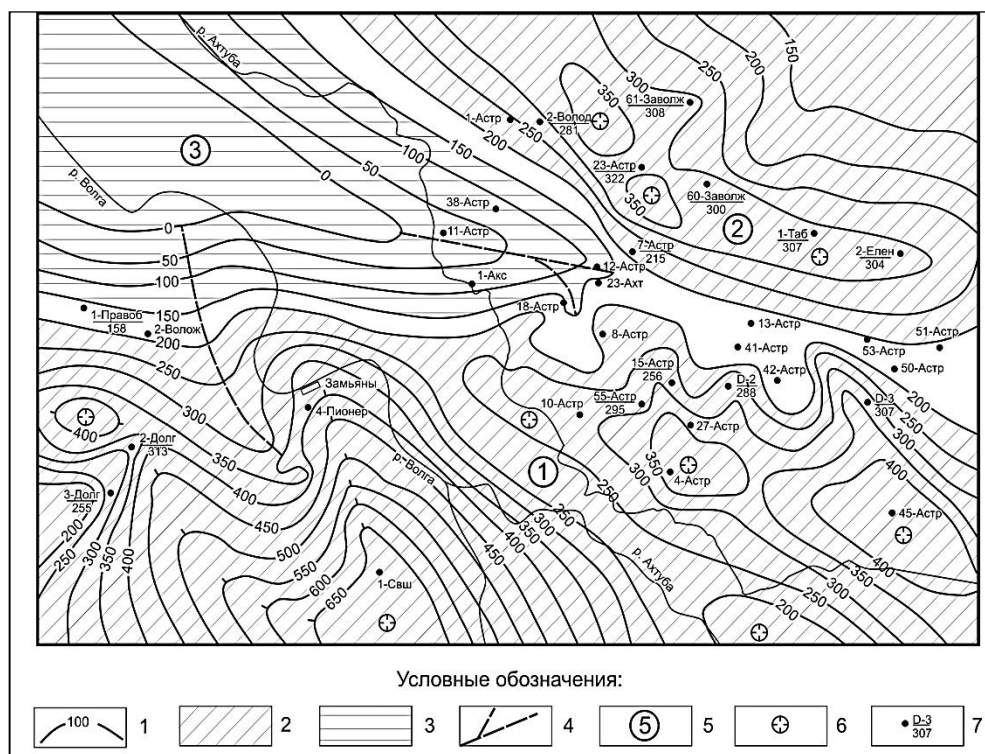


Рис. 2. Палеогеоморфологическая карта предвизейской поверхности территории: 1 – изогипсы относительного превышения палеорельефа, м; 2 – области денудации; 3 – области аккумуляции; 4 – ложбины стока; 5 – номера областей, участков; 6 – карстовые формы рельефа; 7 – скважины (числитель – номер скважины, знаменатель – относительная отметка палеорельефа, м)

Наибольшую площадь занимает область развития денудационного рельефа. Самая высокая относительная отметка палеорельефа – 650 м (скв. 1 Светлошаринская и южнее), превышение вершины над подошвой поднятия составляет 400 м. Склоны имеют нормальную крутизну. От этого поднятия отходят два отрога в виде узких гребней [4; 6].

Области развития денудационного палеорельефа в восточной половине территории Астраханского свода разделены между собой плоской, столообразной формой рельефа (скв. 13, 41, 42, 53, 50 Астраханские), а в западной – обширной по площади областью аккумуляции. Эта область простирается на расстояние более 75 км. Ширина её по изогипсе 150 м в среднем составляет 20 км.

Характеризуемая область аккумуляции является самым глубоким понижением палеорельефа – более 150 м. Борты её в восточной части являются крутыми. Базис эрозии и бассейн гидросети также весьма обширны.

Наличие вокруг области аккумуляции зон интенсивных поднятий создают на границе характеризуемых форм рельефа благоприятные предпосылки для развития временных водных потоков и формирования пролювиальных типов осадков в виде конусов выноса, каменных рек и др.

Сеть развития ложбин стока довольно редкая, но протяжённость их довольно значительна. Одна из них, простирающаяся в широтном направлении, имеет в длину 45 км, другая, северо-западная – субмеридиональная, – 30 км.

В целом предвизейская эпоха почти на всей территории Астраханского свода характеризовалась интенсивным формированием крупных форм эрозионно-денудационного и аккумулятивного рельефа.

Почти по всей территории свода палеорельеф предсерпуховской поверхности расчленён довольно слабо (рис. 3). Превышения водоразделов над долинами почти повсеместно не превышают 75 м. Существенной расчленённости рельефа не наблюдается [5; 6]. Только в центральной части территории Астраханского свода расположена область денудации площадью порядка 2 000 км<sup>2</sup>. Для неё характерными являются относительные отметки палеорельефа, колеблющиеся от 42 м (скв. 2 Светлошаринская) до 72 м (скв. 61 Заволжская). Часто встречающимися здесь являются отметки с величинами в пределах 50–60 м.

Области аккумуляции занимают незначительные по площади территории. Наиболее крупная из них находится в районе скв. 23 Астраханской, 3-й Заволжской, Табаковской 1, 3-й Еленовской, 51-й Астраханской, 2-й и 3-й Девонских. По нулевой изогипсе ширина участка достигает 25 км, вдаётся по изогипсе 50 м в основную часть территории Астраханского свода на расстояние 25 км. Ширина этого залива колеблется от 3,5 до 10 км.

Область аккумуляции располагалась и в западной части территории, в районе скв. 1 Правобережной, образуя небольшой по площади фрагмент более обширной по размерам формы палеорельефа, раскрывающейся на запад, в сторону Сарпинского прогиба. Участок оконтуривается изогипсой 25 м, а протяжённость его в субширотном направлении составляет 15 км, ширина – до 10 км.

Таким образом, в серпуховское время в результате денудационного выравнивания территории Астраханского свода и снижения водораздельных пространств относительно общего базиса эрозии, закончился длительный геологический этап консолидированного развития региона в девонское и раннекаменноугольное время, оказавшего существенное влияние на про-

цесс осадконакопления и размещения отложений по площади и разрезу. Этот этап явился предтечей для развития новой трансгрессии моря в башкирский век и накопления преимущественно карбонатных отложений.

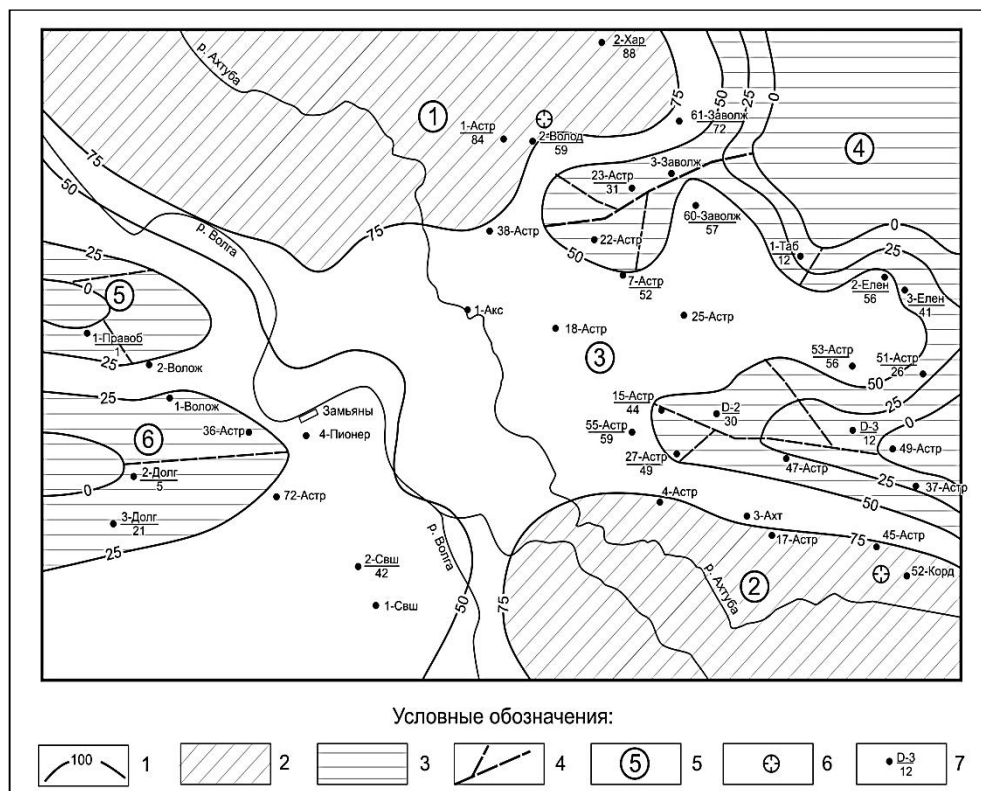


Рис. 3. Палеогеоморфологическая карта предсерпуховской поверхности: 1 – изогипсы относительного превышения палеорельефа, м; 2 – области денудации; 3 – области аккумуляции; 4 – ложбины стока; 5 – номера областей, участков; 6 – карстовые формы рельефа; 7 – скважины (числитель – номер скважины, знаменатель – относительная отметка палеорельефа, м)

Таким образом, при преобладающем тектоническом факторе формирования палеорельефа в различные геологические отрезки времени, проявившиеся палеогеоморфологические процессы, оказали существенное влияние на распределение фильтрационно-ёмкостных параметров пород-коллекторов. В зонах повышенной трещиноватости и активно протекающих карстовых явлений происходило образование каверн, пустот, которые, сливаясь, объединяли плотные и пористые разности пород в единый гидродинамический резервуар. В период образования карстовых форм продукты разрушения выносились временными потоками в зоны разгрузки, что создавало образование в известняках высокочастотных разностей. Кроме того, на участках перехода крутых склонов в более пологие или плоские формы рельефа, где энергия временных водных потоков резко ослабевала, происходило формирование пролювиальных форм рельефа в виде конусов выноса, которые, соединяясь между собой, при благоприятных геологических условиях могли являться крупными резервуарами для зон местоскопления [4; 5].

На плоских повышенных участках палеорельефа широким развитием могут пользоваться порово-каверновые разности пород-коллекторов, а на прилегающих к ним участках – порово-каверно-трещинные. В районах развития эрозионных форм рельефа формировались преимущественно порово-трещинные коллекторы.

В областях с преобладанием аккумуляции происходило ухудшение коллекторских свойств отложений за счёт залечивания порового пространства. Здесь, очевидно, будут преобладать низкопоровые разности пород.

Результаты анализа палеорельефа различных поверхностей в пределах территории Астраханского свода существенно повышают достоверность прогноза перспективных объектов и создания моделей для дальнейшего их изучения.

#### Список литературы

1. Воронин, Н. И. Палеонтологические критерии прогноза и поиска залежей нефти и газа / Н. И. Воронин. – Москва : Геоинформмарк, 1999. – 288 с.
2. Марковский, Н. И. Палеогеографические условия размещения крупных залежей нефти / Н. И. Марковский. – Москва : Недра, 1965. – 387 с.
3. Федорова, Н. Ф. Модель структурного плана каменноугольного и девонского комплексов отложений Астраханского свода / Н. Ф. Федорова // Газовая промышленность. – 2003. – № 1. – С. 48–50.
4. Федорова, Н. Ф. Этапы развития Астраханского свода в орогенный и доплатформенный периоды / Н. Ф. Федорова // Газовая промышленность. – 2003. – № 3. – С. 41–42.
5. Федорова, Н. Ф. Девонские и нижнекаменноугольные отложения Прикаспийской впадины / Н. Ф. Федорова, И. В. Быстрова. – LAP LAMBERT Academic Publ., BERT Academic Publ., 2013. – 180 с.
6. 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.

#### References

1. Voronin N. I. *Paleontologicheskie kriterii prognoza i poiska zalezhey nefti i gaza* [Paleontologic criteria of the forecast and search of deposits of oil and gas]. Moscow, Geoinformmark Publ., 1999, 288 p.
2. Markov N. I. *Paleogeograficheskie usloviya razmeshcheniya krupnykh zalezhey nefti* [Paleogeograficheskiye of a condition of placement of large deposits of oil]. Moscow, Nedra Publ., 1965, 387 p.
3. Fedorova N. F. Model strukturnogo plana kamennougolnogo i devonskogo kompleksov otlozheniy Astrakhanskogo svoda [Model of the structural plan of coal and Devonian complexes of deposits of Astrakhan Anticline]. *Gazovaya promyshlennost* [Gas industry], 2003, no. 1, pp. 48–50.
4. Fedorova N. F. Etapy razvitiya Astrakhanskogo svoda v orogenny i doplatformenny periody [Stages of development of Astrakhan Anticline during the orogeny and doplatformenny periods]. *Gazovaya promyshlennost* [Gas industry], 2003, no. 3, pp. 41–42.
5. Fedorova N. F., Bystrova I. V. Devonskie i nizhnekamennougolnye otlozheniya Prikaspiyskoy vpadiny [Devonian and nizhnekamennougolny deposits of Caspian Depression]. LAP LAMBERT Academic Publ., BERT Academic Publ., 2013, 180 p.
6. Fedorova N. F., Bystrova I. V., Yermolina A. V. Osobennosti formirovaniya otlozheniy osadchnogo chekhla yugo-zapadnoy chasti Prikaspiyskoy vpadiny [Features of formation of deposits of a sedimentary cover of a southwest part of Caspian Depression]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, geography and global energy], 2016, no. 3 (62), pp. 39–58.