

УДК 553.98

Г.П. Кузнецова¹, e-mail: gp_kuznetsova@mail.ru; Гу Чжицянь¹, e-mail: guzq1988@hotmail.com

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (Москва, Россия)

Литолого-стратиграфическая характеристика разреза месторождения Шенци Бохайванского бассейна Китайской Народной Республики

Нефтяное месторождение Шенци является одним из крупнейших объектов добычи углеводородов в депрессии Хуанхуа Бохайванского бассейна Китайской Народной Республики. Оно открыто в 1997 г. в результате бурения скважины Кон-1, где промышленный приток нефти был получен из пласта миоценовых отложений. По данным сейсмических исследований, бурения и изучения керна, в геологическом разрезе нефтеносного комплекса депрессии Хуанхуа развиты палеозойские, мезозойские, палеогеновые и неогеновые отложения. Скопления углеводородов установлены в самых верхних, миоценовых, пластах разреза.

Перспективы нефтегазоносности депрессии Хуанхуа, в частности территории, расположенной вблизи месторождения Шенци, связаны с отложениями миоцена минхуаченского яруса.

Статья посвящена анализу литолого-стратиграфического разреза депрессии Хуанхуа, обоснованию разрезов ярусов Шахецен и Михуанчен и установлению характеристики изменения литологии горных пород.

Ключевые слова: литолого-стратиграфическая характеристика, миоценовые отложения, месторождение Шенци, депрессия Хуанхуа, Бохайванский бассейн, нефтегазоносность.

.....

Г.П. Кузнецова¹, e-mail: gp_kuznetsova@mail.ru; Gu Zhiqiang¹, e-mail: guzq1988@hotmail.com

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)" (Moscow, Russia)

Lithological and Stratigraphic Characteristics of the Geological Section of the Shanxi Field of the Bohai Bay Basin of the People's Republic of China

The Shanxi oil field is one of the largest hydrocarbon production facilities in the Huanghua depression of the Bohai Bay Basin of the People's Republic of China. It was discovered in 1997 as a result of drilling the Kon-1 well, where industrial oil inflow was obtained from the Miocene deposits. According to seismic, drilling and core analysis data, the Paleozoic, Mesozoic, Paleogene and Neogene deposits are developed in the geological section of the oil complex of the Huanghua depression. Hydrocarbon accumulations are established in the Miocene, the top most strata of the geological section. Prospects for the oil and gas potential of the Huanghua depression, in particular the area near the Shanxi field, are associated with the Miocene deposits of the Minghuazhen epoch.

The article is devoted to the analysis of the lithological and stratigraphic section of the Huanghua depression, the substantiation of the sections of the Shahejie and Minghuazhen epochs, and the establishment of the characteristics of changes in lithology of the rocks.

Keywords: lithologic and stratigraphic characteristics, Miocene deposits, Shanxi field, Huanghua depression, Bohai Bay Basin, oil-and-gas content.

Бохайванский бассейн находится на востоке Китая в пределах Северо-Китайского кратона, который сложен архейским и протерозойским метаморфическим фундаментом, обнажающимся на западе и севере бассейна в провинции Хэбэй и на востоке и юге в провинции Шаньдун (рис. 1). Структура домезозойского фундамента бассейна простирается с востока на запад [1]. Согласно результатам сейсмических исследований, данным бурения и изучения керна во вскрытом геологическом разрезе в основном присутствуют породы кайнозоя [2].

Кайнозойские отложения разделены на шесть ярусов (рис. 2). Этот стандарт стратиграфической схемы применяется по всему бассейну. Тем не менее, следует отметить, что выделенные в Бохайванском бассейне ярусы и свиты не соответствуют стандартному и международному определению литолого-стратиграфической единицы и могут включать в себя разнообразные породы, литология которых сильно различается в разных частях одного и того же прогиба. Так, горизонт Ша-3 в пределах одного прогиба содержит разные горные породы, в частности озерные турбидиты и наземные конгломераты аллювиального конуса. Эти отложения в большей степени различаются литолого-стратиграфическими, а не хроностратиграфическими признаками. Горизонты условно названы по наименованию яруса и пронумерованы числовыми индексами. Например, Кон-3 представляет собой самый нижний горизонт яруса кондиан, а Кон-1 залегает в верхней части этого яруса.

Кайнозойские литолого-фациальные комплексы, особенно относящиеся к ранней стадии кайнозойского рифта, сильно изменены. Как правило, районы, расположенные вблизи центров отдельных депрессий, содержат более высокую долю темных аргиллитов и песчаников, образовавшихся в глубоких озерных или переходных обстановках осадконакопления. На периферийной

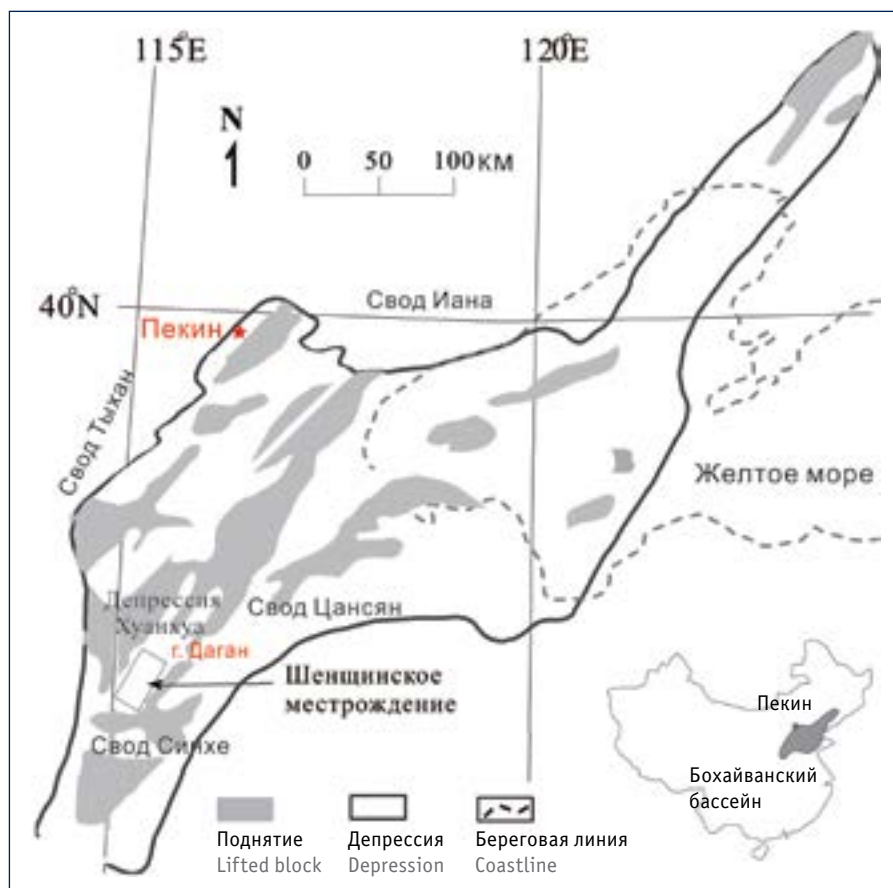


Рис. 1. Обзорная схема расположения месторождения Шенци (составитель: Гу Чжицян)

Fig. 1. Overview scheme of location of the Shanxi field (author: Gu Zhiqiang)

территории преобладают песчаники, сформировавшиеся в аллювиальных или мелководных озерных обстановках.

ПАЛЕОЦЕНОВЫЙ ОТДЕЛ: ЯРУС КОНДИАН

Ярус кондиан состоит из трех горизонтов: Кон-3, Кон-2 и Кон-1. Палеоценовое осадконакопление депрессии Хуанхуа началось с отложения горизонта Кон-3 яруса кондиан (рис. 2). В центральной части депрессии мощность яруса превышает 1000 м и постепенно уменьшается по направлению к краю депрессии: 194 м на поднятии Понан и 50 м на участке Почон. Отложения яруса кондиан могут полностью отсутствовать, например в районе Бохайван.

Горизонт Кон-3. В составе литологии горизонта Кон-3 преобладают крупно-

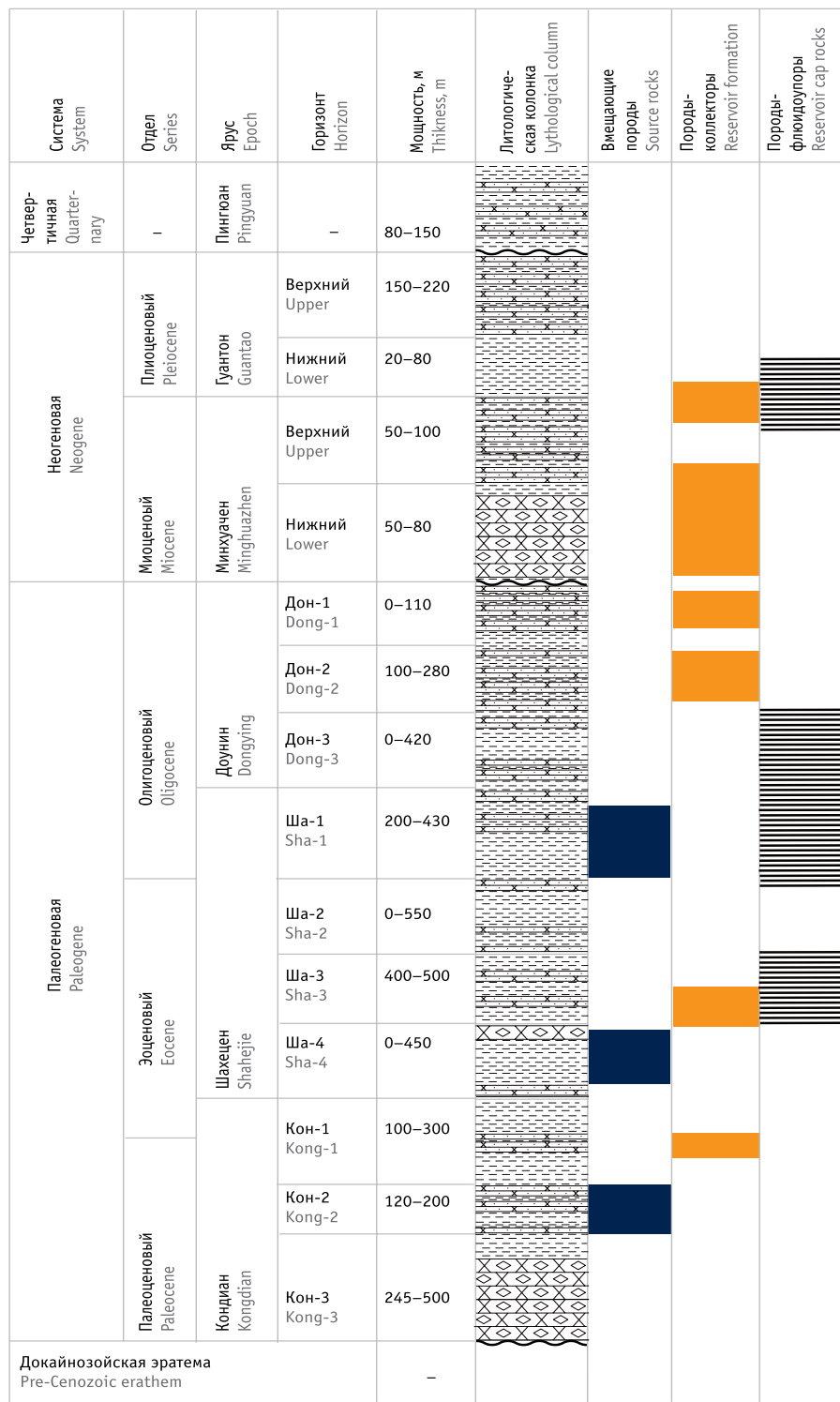
зернистые конгломераты и песчаники, а верхняя часть горизонта сложена глинистыми пластами мощностью до 50 м. Мощность горизонта Кон-3 в целом изменяется от 245 до 500 м. Горизонт является самой мощной толщей, хотя, как уже указано выше, может полностью отсутствовать в разрезах некоторых поднятий депрессии. Горизонт Кон-3 накапливался в основном в обстановках конусов выноса и мелких озер [4]. Конусы выноса формировались в полуграбенах.

Горизонт Кон-2 согласно залегает на горизонте Кон-3 и состоит из темно-серых аргиллитов, переслаивающихся тонкими угольными пластами, углеродистыми сланцами, нефтеносными сланцами и мелкими базальтами. В кровельной части горизонта

Для цитирования (for citation):

Кузнецова Г.П., Гу Чжицян. Литолого-стратиграфическая характеристика разреза месторождения Шенци Бохайванского бассейна Китайской Народной Республики // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2018. № 1–2. С. 26–31.

Kuznetsova G.P., Gu Zhiqiang. Lithological and Stratigraphic Characteristics of the Geological Section of the Shanxi Field of the Bohai Bay Basin of the People's Republic of China. Territorija «NEFTEGAS» = Oil and Gas Territory, 2018, No. 1–2, P. 26–31. (In Russ.)



Условные обозначения Legend



Рис. 2. Литолого-стратиграфический разрез депрессии Хуанхуа Бохайванского бассейна (Составитель: Гу Чжицян, по данным [3])

Fig. 2. Lithological and stratigraphic section of the Huanghua depression of the Bohai Bay Basing (author: Gu Zhiqiang, according to [3])

в большинстве случаев расположены фиолетово-коричневые аргиллиты. В отложениях встречена фауна остракод: *Eucypris wutuensis*, *Quercodites*, *Cypris changyiensis*, *Cypris palusteris*, *Paracandona Species*, *Limnocythere*.

Мощность горизонта Кон-2 составляет 120–200 м, хотя в разрезах некоторых поднятий и блоков отложения отсутствуют в связи с размывами или перерывами в осадконакоплении. Наличие темных аргиллитов и нефтеносных сланцев в этом горизонте свидетельствует о том, что обстановка осадконакопления представлена бескислородными озерными условиями. Здесь углеводородные материнские породы образовались из нефтеносных сланцев [5].

Горизонт Кон-1 состоит из прослоев аргиллитов, лититовых аркозов и песчаных конгломератов. В центре депрессии в составе горизонта Кон-1 преобладают гипсоносные аргиллиты, которые к краевым зонам депрессии переходят в красные аргиллиты и песчаные аргиллиты. Возраст определен по фауне остракод: *Cypris niushanensis*, *Cypris changyiensis*, *Cypris palusteris*, *Limnocythere weixianensis*, а также комплексу спор: *Ephedripites*, *Ulmipollenites minor*, *Rhoipites*, *Schizaeoisporites*. Отложения горизонта Кон-1 представляют собой комплекс аллювиального конуса выноса и эвапоритового озера, мощностью до 300 м.

СРЕДНЕ-ВЕРХНИЙ ЭОЦЕНОВЫЙ ОТДЕЛ: ЯРУС ШАХЕЦЕН

Ярус шахэцэн включает четыре горизонта: Ша-4, Ша-3, Ша-2 и Ша-1. Возраст и разделение этого яруса на горизонты обсуждаются. Авторы работы [5], например, установили, что только горизонт Ша-4 относится к эоценовому отделу, а остальные горизонты приурочены к олигоцену. Другие исследователи, в частности [6], считают, что все четыре горизонта относятся к эоцену.

В пределах депрессии Гуанланфан авторы работы [7] рассматривают горизонт Ша-4 в качестве границы палеоцена и эоцена, и поэтому разделили его на две толщи: нижнюю и верхнюю. Согласно данным работы [8] горизонт Ша-4 разделен на три части, сгруппирован

с ярусом кондиан и включен в расширенный горизонт Ша-3.

В любом случае абсолютный возраст яруса шахецен в основном является эоценовым. Следует отметить, что лишь немногие китайские геологи не используют признанные международные разбивки для возрастов стандартных систем или отделов. Например, авторы работы [7] указывают возраст олигоцену в 40 млн лет, что почти на 5 млн лет раньше международного стандарта. Авторами статьи для яруса шахецен принимается схема, имеющая четыре горизонта, которые относятся к эоцену, кроме горизонта Ша-1, являющегося олигоценным. Пласты яруса Шаецен широко распространены в зоне депрессии Хуанхуа. Их мощность достигает 2000 м.

Горизонт Ша-4. В целом нижняя часть этого горизонта состоит из красных аргиллитов с прослоями тонких песчаников. В середине горизонта установлено локальное несогласие, над которым расположены пласты голубовато-серых аргиллитов, алевролитов и песчаников

с гипсом и галитом. В верхней части горизонта залегают карбонатные породы и нефтеносные сланцы. На территории бассейна этот горизонт обычно имеет мощность от 0 до 600 м.

В зоне депрессии Почон, которая испытывала погружение, развиты прибрежные и неглубокие озерные фации. В обстановках аллювиальных и относительно неглубоких озер залегают отложения известковистых эвапоритов. Аллювиальные осадки и отложения неглубоких озер перемежаются с фациальными отложениями соленого озера. В переходной-морской зоне развиты разнообразные комплексы низших фораминифер.

Многие литологические фации этого горизонта подобны нижележащему горизонту кондиан, но горизонт Ша-4 более широко распространен на территории бассейна и является переходным между ярусом кондиан и вышележащим горизонтом Ша-3.

Горизонт Ша-3 состоит преимущественно из темных песчаников и аргиллитов с пропластками песчаных

сланцев, мелкозернистых песчаников и нескольких слоев известняка в его подошвенной части. Этот горизонт содержит наиболее важные углеводородные материнские породы бассейна. Мощность горизонта Ша-3 обычно составляет 400–500 м. Скорость седиментации горизонта Ша-3 в Бохайванском бассейне в течение кайнозойской эры была самой высокой.

Несколько фациальных комплексов озерных и прибрежных фаций были установлены авторами работы [5]. В результате интенсивного рифтогенеза и изменения обстановки осадконакопления на более влажную в это время на территории формируются озерные фации, покрывавшие около 60–80 % территории прогибов. Начальные глубокие озерные турбидитные фации сменяются на речные-дельтовые с уменьшением амплитуды падения вверх по разрезу. Глубокие озерные фации широко развиты в прогибах Донгиинг, Ляоси, Донгпу и Цикоу. Эти фации состоят из типичного турбидитного комплекса глубоких озер и содержат аргиллиты, обогащен-



в рамках Международной
специализированной выставки
«МЕТАЛЛОБРАБОТКА-2018»

III МЕЖДУНАРОДНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

www.rpi-conferences.com



ОРИГАНИЗАТОР



РОСНЕФТЬ

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

СООРГАНИЗАТОР

Индустриальные масла и СОЖ России и СНГ

в металлообработке, машиностроении
и металлургии

2018

15 мая 2018 г.

ЦВК «Экспоцентр»,
Москва, Краснопресненская наб., 14

При поддержке:
ЭКСПОЦЕНТР



Современные
технологии
смазочных масел
и СОЖ для
промышленности



Q&A сессия
вопросов
потребителей.
СОЖ: вчера,
сегодня, завтра



Индустриальные
масла для
промышленного
оборудования



Смазочно-
охлаждающие
жидкости



Новые
экологические
требования
и химическая
безопасность



+7 (495) 502 54 33; +7 (495) 778 93 32



Konstantinova.Elena@rpi-inc.ru



www.rpi-conferences.com

ные органикой. Внутри отложений хорошо развита ритмическая слоистость. **Горизонт Ша-2** состоит из серых и темно-серых аргиллитов с прослоями биокластических известняков и обогащенных органикой сланцев. На краю бассейна литологический состав пород меняется на аркозы и конгломераты. Горизонт Ша-2 в основном согласно залегает на горизонте Ша-3, но в некоторых местах видны перерывы в осадконакоплении и несогласия, в том числе в прогибах Цианг и Ляохэ. В районе Даминтун отложения горизонта Ша-2 полностью отсутствуют. Мощность горизонта сильно изменяется: от 30–80 м на юге до 400–550 м на западе бассейна. Но в целом горизонт Ша-2 представляет собой один из наиболее важных нефтяных горизонтов Бохайванского бассейна.

Внутри горизонта Ша-2 присутствуют крупнозернистые песчаники с прослоями красных аргиллитов, что связано с регрессивными условиями осадконакопления – аллювиальными, дельтовыми и мелководными озерными фаціальными обстановками. Озерные осадки занимают около 10–20 % от общей площади осадконакопления горизонта [5]. Дельтовые фации особенно важны и подразделяются на фации надводных аллювиально-дельтовых равнин, подводных дельтовых равнин, морского края и подводного склона дельтового комплекса. Скорость осадконакопления горизонта Ша-2 значительно ниже по сравнению с горизонтом Ша-3 [7].

Горизонт Ша-1 представляет собой верхнюю часть яруса шахецен. Этот горизонт, как правило, состоит из темных аргиллитов с небольшой долей карбонатов в подошве. Терригенные плотные породы встречены в краевых частях депрессии. В депрессиях или районах вблизи Бохайского залива развиты прослои глубоководных турбидитов, представленных темными песчаниками и аргиллитами. На долю общей стратиграфической мощности приходится около 30 % песчаников (в основном гравийные аркозы, мелко- и среднезернистые песчаники).

Горизонт Ша-1 широко распространен по всей территории депрессии и согласно залегает на более древних пластах.

В депрессиях вблизи Бохайского залива этот горизонт имеет минимальную мощность 200 м, в большинстве прогибов, как правило, достигает 300–430 м.

Горизонт Ша-1 представлен трансгрессивным разрезом [9]. Погружение территории проходило относительно равномерно, но, несмотря на то что нефтяные сланцы распространены повсеместно, они представлены более тонкими прослоями и обладают более низкими коллекторскими фильтрационно-емкостными свойствами по сравнению с горизонтом Ша-3.

ОЛИГОЦЕНОВЫЙ ОТДЕЛ: ЯРУС ДОНИН

Ярус донин залегает согласно на ярусе шахецен. В его составе выделяются три горизонта: Дон-1, Дон-2 и Дон-3. Породы яруса донин представлены переслаиванием зеленовато-серых и фиолетово-красных глин с пластами гравелистых песчаников. Литология отложений и мощность (100–800 м) заметно меняются по латеральному и вертикальному направлению. Во всех крупных прогибах три горизонта яруса донин в основном представлены отложениями дельтовых фаций – регрессивной последовательностью от преобладающей озерной фации до рифтовых отложений.

Вверх по разрезу осадочные отложения представлены несколькими циклами. Мощность каждого цикла составляет около 200 м. Осадконакопление в районе бассейна происходило в обстановке глубокого озера. Речные отложения накапливались по направлению к надводным участкам края бассейна. Горизонт Дон-3 локально формировался в ограниченной морской обстановке. Он представлен переходными фациями от озерных к дельтовым. В конце олигоценовой эпохи региональное выветривание и эрозия в различной степени повлияли на формирование горизонта Дон-1.

Горизонт Дон-3 согласно залегает на отложениях яруса шахецен. Преобладают темно-серые глины с прослоями песчаников. Мощность изменяется от 0 до 420 м. Встречена фауна остракод: *Berocypris subtriata*, *Dongyingia longicostata*, *Dongyingia laticostata*,

Hebeinia subtriangularis, *Cueporeticulata*, *Megacypris longiquadrata*.

Горизонт Дон-2. В составе горизонта Дон-2 выделяются две группы отложений: верхняя и нижняя. Нижнюю часть составляют породы, представленные серыми песчаниками с прослоями серых глин. Породы верхней части в основном представлены глинами, содержащими серые мелкозернистые песчаники. Мощность изменяется от 100 до 280 м. Содержится фауна остракод: *Dongyingia florinodosa*, *Dongyingia inflexicostata*, *Dongyingia labiaticostata*, *Dongyingia biglobicostata*, *Dongyingia floricosata*, *Dongyingia inspolita*, *Chinocypris guangraoensis*.

Горизонт Дон-1. Породы горизонта Дон-1 представлены в нижней части беловато-серыми песчаниками, в верхней – переслаиванием темно-серых глин и мелкозернистых песчаников. Мощность горизонта не превышает 0–110 м. В составе отложений встречена фауна остракод: *Chinocypris dongyingensis*, *Chinocypris xingdianensis*.

МИОЦЕНОВЫЙ ОТДЕЛ: ЯРУС МИНХУАЧЕН

Литологически миоценовые отложения представлены по территории всей депрессии более равномерно, чем палеогеновые. Это связано с условиями медленного термического погружения и незначительного сбросообразования в миоценовую эпоху, поскольку в палеогеновый период происходили активные тектонические подвижки, связанные с образованием высокоамплитудных разломов [10].

Во время осадконакопления отложений минхуачен миоценового яруса на большей части депрессии Хуанхуа были развиты обширные речные системы, аллювиальные конусы выноса формировались на переднем участке горы Яньшань в районе депрессии Бэйтан.

В нижней части яруса минхуачен в основном развиты серые и беловато-серые гравелистые песчаники с массивной текстурой и прослоями глин и фиолетово-красных и зеленовато-серых алевролитов. В верхней части яруса породы представлены беловато-серыми песчаниками с прослоями глин. Мощность яруса минхуачен изменяется от 100 до 180 м. В породах встре-

чается фауна остракод: *Candoniella albicans*, *Limnocythere cincture*, *Ilyocypris manasensis*, а также спорово-пыльцевой комплекс: *Magnastriatites*, *Ovoidites*, *Betulaepollenites* и др.

ПЛИОЦЕНОВЫЙ ОТДЕЛ: ЯРУС ГУАНТОН

Плиоценовый ярус гуантон согласно залегает на отложениях яруса минхуачен. Он состоит из серых до красно-серых илистых аргиллитов с прослоями песчаника, а также нескольких слоев базальта. Мощность яруса изменяется от 200 до 300 м. Обстановка осадконакопления представлена извилистой речной системой. Отложения содержат фауну остракод: *Cyprinotus formalis*,

Ilyocypris aspera, *Ilyocypris biplicata* и комплекс спор.

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА

После неогена депрессия Хуанхуа продолжает медленно опускаться с накоплением осадков мощностью 80–150 м. Отложения большей части бассейна представлены лессами и аллювиальными породами. Эти отложения сгруппированы в ярус пингюан. В северо-западной части бассейна развиты депоцентры четвертичного флювиального осадконакопления, достигающие 500 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продуктивные пласты депрессии Хуанхуа несогласно залегают на более

древних отложениях, неравномерно распространены по площади изучаемой территории, в краевых зонах имеют минимальные мощности, вплоть до полного их отсутствия вследствие размыва. В литологическом плане преобладают континентальные породы в двух основных ассоциациях: серые песчаники и аргиллиты, богатые органическим веществом и образованные в аллювиальной, дельтовой и озерной обстановках; пурпурно-красные и пестрые песчаники и аргиллиты, образованные в пролювиальной обстановке.

Кайнозойские литолого-фациальные комплексы в основном формировались в аллювиальных или мелководных озерных обстановках.

Литература:

- Li Yancheng. Geologic Evolution and Faulting of the Bohai Sea // *Marine Geology & Quaternary Geology*. 1993. Iss. 2. P. 25–34.
- Guangyou Zhu, Zhengjun Wang, Jin Su. Geochemical Characteristics of High-Quality Hydrocarbon Source Rocks in the Nanpu Sag of the Bohai Bay Basin, China // *Oil Shale*. 2013. Vol. 30. Iss. 2. P. 117–135.
- Allen M.B., Macdonald D.I.M., Zhao Xun, et al. Early Cenozoic Two-Phase Extension and Late Cenozoic Thermal Subsidence and Inversion of the Bohai Basin, Northern China // *Marine and Petroleum Geology*. 1997. № 7. P. 951–972.
- Chen Changming, Huang Jiakun, Chen Jingshan, Tian Xingyou. Depositional Models of Tertiary Rift Basins, Eastern China, and Their Application to Petroleum Prediction // *Sedimentary Geology*. 1984. Vol. 40. Iss. 1–3. P. 73–88.
- Cheng-yong Chang. Geological Characteristics and Distribution Patterns of Hydrocarbon Deposits in the Bohai Bay Basin, East China // *Marine and Petroleum Geology*. 1991. Vol. 8. Iss. 1. P. 98–106.
- Xu Huaïda, Lu Weiwen, Wang Shifeng and Wang Jingping. Paleogene Sedimentary Systems and Oil Prospects in the Bohai Area // *Proceedings of the Symposium on Mesozoic and Cenozoic Geology*. Beijing: Geological Publishing House, 1986. 849–861 p.
- Li Desheng, Du Yonglin, Hu Guonong. Petroleum Geology of the Langfang-Guan Basin, Beijing-Tianjin Region. China in *Petroleum Geology of China and Related Subjects*. Houston: Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Science Series, 1988. No. 10. P. 219–234.
- Ye Hong, Shedlock K.M., Hellinger S.J., Sclater J.G. The North China Basin: an Example of a Cenozoic Rifted Intraplate Basin // *Tectonics*. 1985. Vol. 4. Iss. 2. P. 153–169.
- Nummedal D., Remy R., Ming Pang, Briedis N. Sequence Stratigraphy of Tertiary Strata in Liaodong Bay, Bohai Basin // *International Symposium on Oil and Gas Exploration in Lacustrine Basins*. Dongying, 1995. P. 176–183.
- Min Dong, Jia Fu Qi, Hui Dong, et al. Application of Balanced Cross Section on the Basin Analysis for Cenozoic of Huanghua Depression // *Advanced Materials Research*. 2012. Vol. 518. P. 5636–5639.

References:

- Li Yancheng. Geologic Evolution and Faulting of the Bohai Sea. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1993, Iss. 2, P. 25–34.
- Guangyou Zhu, Zhengjun Wang, Jin Su. Geochemical Characteristics of High-Quality Hydrocarbon Source Rocks in the Nanpu Sag of the Bohai Bay Basin, China. *Oil Shale*, 2013, Vol. 30, Iss. 2, P. 117–135.
- Allen M.B., Macdonald D.I.M., Zhao Xun, et al. Early Cenozoic Two-Phase Extension and Late Cenozoic Thermal Subsidence and Inversion of the Bohai Basin, Northern China. *Marine and Petroleum Geology*, 1997, No. 7, P. 951–972.
- Chen Changming, Huang Jiakun, Chen Jingshan, Tian Xingyou. Depositional Models of Tertiary Rift Basins, Eastern China, and Their Application to Petroleum Prediction. *Sedimentary Geology*, 1984, Vol. 40, Iss. 1–3, P. 73–88.
- Cheng-yong Chang. Geological Characteristics and Distribution Patterns of Hydrocarbon Deposits in the Bohai Bay Basin, East China. *Marine and Petroleum Geology*, 1991, Vol. 8, Iss. 1, P. 98–106.
- Xu Huaïda, Lu Weiwen, Wang Shifeng and Wang Jingping. Paleogene Sedimentary Systems and Oil Prospects in the Bohai Area. *Proceedings of the Symposium on Mesozoic and Cenozoic Geology*. Beijing, Geological Publishing House, 1986, 849–861 p.
- Li Desheng, Du Yonglin, Hu Guonong. Petroleum Geology of the Langfang-Guan Basin, Beijing-Tianjin Region. China in *Petroleum Geology of China and Related Subjects*. Houston, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Science Series, 1988, No. 10, P. 219–234.
- Ye Hong, Shedlock K.M., Hellinger S.J., Sclater J.G. The North China Basin: an Example of a Cenozoic Rifted Intraplate Basin. *Tectonics*, 1985, Vol. 4, Iss. 2, P. 153–169.
- Nummedal D., Remy R., Ming Pang, Briedis N. Sequence Stratigraphy of Tertiary Strata in Liaodong Bay, Bohai Basin. *International Symposium on Oil and Gas Exploration in Lacustrine Basins*. Dongying, 1995, P. 176–183.
- Min Dong, Jia Fu Qi, Hui Dong, et al. Application of Balanced Cross Section on the Basin Analysis for Cenozoic of Huanghua Depression. *Advanced Materials Research*, 2012, Vol. 518, P. 5636–5639.