

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ БАСЕЙНА ДЖУНГАРИЯ (КНР)

УДК 553.98

OIL AND GAS ACCUMULATION CONDITIONS IN THE DZUNGARIAN BASIN (PRC)

Го Минь, Сиднев А.В.,  
ФГБОУ ВПО «Уфимский  
государственный нефтяной  
технический университет», г. Уфа,  
Российская Федерация

Guo Min, A.V. Sidnev,  
FSBEI HPE "Ufa State Petroleum  
Technological University", Ufa,  
the Russian Federation

Китайские нефтяные месторождения стареют, прирост запасов неудовлетворителен, а переработка нефти увеличивается. Для обеспечения энергетической безопасности Китая эксперты разработали ряд крупных государственных мероприятий. Одним из них является Проект-2020 по созданию собственного стратегического запаса нефти в объёме 500 млн. баррелей. В этом отношении бассейн Джунгария с многомиллионным населением, перспективным потребительским рынком, действующими месторождениями и нефтеперерабатывающими заводами средней мощности, а также доступностью к основным транспортным артериям запада страны представляется весьма перспективным для развития в 21 веке при условии значительного увеличения инвестирования в собственную геологоразведку. Материальная база для этого имеется и мы работаем над её расширением. Ниже приводятся некоторые итоги по информационному анализу с характеристикой комплексов пород, коллекторов, флюидов, а также ловушек, структур и залежей нефти и газов в бассейне Джунгария.

В Джунгарии преимущественно залегают стратиграфически несогласные и стратиграфически трансгрессивные ловушки, преимущественно распространенные на северо-западе. Также здесь выявлены ловушки смешанного типа. Литологические формы залежей достаточно многочисленны. Они показывают замещения в пластах пористых проницаемых пород непроницаемыми. На юге бассейна выявлены линзовидные и стратиграфически выклинивающиеся ловушки. Формирование углеводородных залежей здесь зависит от происхождения, миграции и скопления нефти и газа.

В статье рассматриваются условия формирования нефтегазовых залежей бассейна Джунгария на северо-западе Китая. Подробно исследованы условия развития нефтегазоматеринских пород, фильтрационно-ёмкостные свойства коллекторов, свойства флюидоупоров, особенности структур и ловушек. Обобщены условия распространения и сохранения залежей нефти и газа в разных частях этого бассейна.

Chinese oil fields are aging, reserves growth is unsatisfactory, but petroleum refining is increasing. In order to ensure China's energy security, experts have come up with a number of major public measures. One of them is Project-2020, creating its own strategic oil reserves amounting to 500 million barrels. In this respect the Dzungarian Basin with its multi-million population, prospective consumer market, the existing oil fields and medium-power refineries, as well as accessibility to the traffic arterials in the west of the country, seems to be very promising in the 21st century provided that investment in exploration is considerably increased. There is a resource base for that and we work on its expansion. Below are some results of the information analysis with characteristics of rock complexes, reservoirs, fluids, as well as traps, structures and oil and gas deposits in the Dzungarian Basin.

There are predominantly stratigraphic unconformity and stratigraphic transgressive traps in Dzungaria, mainly present in the north-west. Traps of mixed-type are also found here.

Lithological forms of deposits are sufficiently numerous. They show replacements of porous permeable formations by impermeable ones. In the southern part of the basin lenticular stratigraphic traps are found. Hydrocarbon accumulation here depends on oil and gas origin, migration and accumulation.

The article considers conditions of oil and gas accumulation in the Dzungarian Basin in the northwest of China. Special attention is paid to the analysis of conditions of development of oil-and-gas source rocks, filtration-capacitive properties of reservoirs, fluid-resistance properties, characteristic features of structures and traps. Conditions of extension and conservation of oil and gas deposits in different parts of the basin are summarized.

**Ключевые слова:** нефтематеринские породы, коллектор, флюидоупор, структура и ловушки, залежь нефти и газа, бассейн Джунгария.

**Key words:** source rocks, reservoir, fluid seal, structure and traps, oil and gas deposit, the Dzungarian Basin.

В последние десятилетия в результате значительного экономического роста экономика Китая стала второй в мире. Увеличение потребления нефти в КНР превышает рост ВВП, что оказывает давление на производство и экономию энергии. Китайские

нефтяные месторождения стареют, прирост запасов неудовлетворителен, а переработка нефти увеличивается. Для обеспечения энергетической безопасности Китая эксперты разработали ряд крупных государственных мероприятий. Одним из них является Проект-2020 по созданию собственного стратегического запаса нефти в объёме 500 млн баррелей. В этом отношении бассейн Джунгария с многомиллионным населением, перспективным потребительским рынком, действующими месторождениями и нефтеперерабатывающими заводами средней мощности, а также доступностью к основным транспорт-

Таблица 1. Основные нефтегазоматеринские комплексы Джунгария

Эратема	Система	Отдел	Комплекс и его номер		Особенности	Мощность, м	ФЕС коллекторов		
Кайнозойская	Неогеновая	Миоцен N1	7	«Анцзихай»	Дельтовые, озерные. Рассеянный сапропеллит		2000	Пористость, %	Проницаемость, мД.
			10-20	0,01-16					
Мезозойская	Юрская	Средний J2	6	«Сишаньяо»	Аллювий, пролювий	15-23		50-500	
			Нижний J1	5	«Шаньгунхэ»	Газо и угленасыщенные 100м. пласты			
				4	«Бадауван»			17-25	10-1000
	Триасовая	T	3	«Байзантан»	Дельтовые песчаники, Аргиллиты с высоким содержанием с орг. Газоматеринские.	10-20		10-210	
Палеозойская	Пермская	Верхний P2	2	Верхнепермский	Аллювий и озерные глины с пластами углей	7-15	1-300		
			Нижний P1	1	Нижнепермский «Зямухэ»	Пролювий-аллювий	8-12	1-50	

ным артериям запада страны представляется весьма перспективным для развития в 21 веке при условии значительного увеличения инвестирования в собственную геологоразведку. Материальная база для этого имеется, и мы работаем над её расширением. Ниже приводятся некоторые итоги по информационному анализу с характеристикой комплексов пород, коллекторов, флюидов, а также ловушек, структур и залежей нефтей и газов в бассейне Джунгария. Работа выполнена в рамках государственной научно-технической программы РБ «Рациональное использование природных ресурсов и модернизация нефтегазовых технологий» с 2012 г. и при поддержке Базовой кафедры геологии и разведки НГМ при «Институте нефтегазовых технологий и новых материалов Республики Башкортостан».

В осадочном бассейне Джунгарии выявлены 7 нефтегазоматеринских комплексов, принадлежащих следующим стратиграфическим уровням: нижне- и верхне- пермские, триасовый, комплексы нижней юры «Бадауван» и «Шаньгунхэ», комплекс средней юры «Сишаньяо» и комплекс миоцена «Анцзихай» (таблица 1) [1]. Отложения «Бадауван» и «Шаньгунхэ» ярусов нижней юры являются угольными пластами, широко распространенными на площади почти всего бассейна. Максимальная мощность осадочной толщи отмечена в области Чжанчи-Шанван на юге бассейна и составляет почти 2000 м. Мощность угольных пропластков достигает порядка 100 м, предположительно насыщенных углеводородами и являющихся газоматеринскими (таблица 1).

По результатам геохимического анализа газоматеринских пород выявлено, что:

а) мощные угольные толщи юры представлены газоматеринскими породами с высоким коэффициентом образования газа;

б) в терригенных аргиллитах триаса содержится значительная часть органического вещества. Мощные (до 1000 м) песчано-глинистые породы включают значительные по толщине сапропелиты – ископаемое органическое вещество озерных водоемов, как продукт распада живущих в воде растительных и животных организмов. Эти отложения могли быть в прошлом хорошими генераторами нефтяных и газовых углеводородов;

в) отложения «Анцзихай» нижнего неогена, а также миоцена имеют хороший потенциал образования нефти и газа за счёт значительного количества остатков зоо- и фитопланктона в форме рассеянного сапропелита.

Фильтрационно-емкостные свойства коллекторов в стратиграфических комплексах:

1. Коллекторы нижнепермского возраста (P1): на северо-западе в «Зямухэ» ярусе коллекторами являются песчано-конгломераты пролювиально-аллювиальной и приозерной фации. Пористость – 8-12%, проницаемость – 1-50 мД. Коллекторы характеризуются низкой пористостью и средней проницаемостью (таблица 1).

Так же коллекторами часто являются вулканические породы (туфовые брекчии, андезитовые базальты и риолиты). Пористость – 8-25%, проницаемость – 1-5 мД. Коллекторы обладают низкой пористостью и средней проницаемостью [3].

2. Коллекторы верхне-пермского возраста (P2).

Типы коллекторов: песчаные и гравийные. Песчаные коллекторы подразделяются на линзовид-

ные и слоистые, представляя речную, дельтовую и озерную фации. Пористость составляет 6-14%, проницаемость – 1-300 мД. Гравийные коллекторы являются пластами фации пролювиально-аллювиальных конусов. Пористость 7-15%, проницаемость – 1-100 мД.

3. Коллекторы триасового возраста (Т).

Коллекторами здесь являются песчано-конгломераты пролювиально-аллювиальной, речной и дельтовой фации. Каждая фация обладает разными фильтрационными характеристиками. Пролувиально-аллювиальные коллекторы обладают весьма хорошими емкостными свойствами – с пористостью в 20%, проницаемость больше 100 мД. В речных коллекторах пористость составляет больше 10%, проницаемость – 10-100 мД. Дельтовые отложения тоже являются хорошими коллекторами, в которых пористость составляет 10-20% и проницаемость – 40-210 мД. Такие коллекторы распространены на северо-западе и востоке бассейна.

4. Коллекторы юрского и мелового периода (J1-2; К).

Отложения юры и мела представлены песчано-конгломератами пролювиально-аллювиальной фации. В «Бадауван» ярусе их пористость составляет порядка 17-25%, проницаемость – 10-1000 мД. В «Сишаньяо» ярусе средней юры пористость – 15-23%, проницаемость – 50-500 мД.

5. Коллекторы неогенового возраста (миоцен - N1).

Максимальная толщина продуктивной толщи залегает на юге бассейна. «Анцзихай» ярус сложен песчано-глинистыми отложениями дельтовых, речных и приозерных фаций. Пористость – 10-20%, проницаемость – 0,01-16 мД [5].

**Свойства флюидоупоров.** Как известно, молекулы газа мельче молекул нефти и значительно активнее, поэтому для газовых залежей условия формирования покрышки или флюидоупора имеет ряд особенностей. В пределах бассейна Джунгарии можно выделить несколько видов флюидоупоров:

1. Региональные покрышки.

В верхней перми, в «Байзынтан» ярусе триаса, в «Шаньгунхэ» ярусе юры, мелу и неогене мощность отложений покрышки достигает больше 100 м. Она сложена глинистыми породами, характеризующимися высокой удерживающей способностью.

2. Локальные покрышки.

Глинистые отложения и глинистые прослои между песчаными пластами разного возраста являются локальными покрышками. Их распространение в пределах бассейна – повсеместно, мощность варьирует от 0,5 до 2-3 м.

**Структуры и ловушки.** Вследствие проявлений нескольких тектонических подвижек в позднегерцинской фазе складчатости на краевых зонах бассейна Джунгарии возникли надвиговые покровы,

сдвиги и поднятия всей территории. Внутри бассейна формировались структуры чередования поднятий и прогибов. Одновременно образовывались различные антиклинальные, тектонически-экранированные, литологические и смешанные ловушки, которые оказались благоприятными для местоскопления углеводородов [2].

Структурные ловушки – значительные по площади образования в результате изгиба слоев и разрыва их сплошности. В бассейне Джунгарии ловушки разделяются на сводовые и разрывные. Эти ловушки преимущественно расположены на периферии бассейна, особенно в южных частях области.

Стратиграфические ловушки – сформированные в результате эрозии пластов-коллекторов во время перерыва в осадконакоплении (в эпоху восходящих движений) и перекрытия их затем непроницаемыми породами (в эпоху нисходящих движений). Как правило, толщи пород, образовавшиеся после перерыва в осадконакоплении, характеризуются более простыми структурными формами залегания. В Джунгарии преимущественно залегают стратиграфически несогласные и стратиграфически трансгрессивные ловушки, преимущественно распространенные на северо-западе. Также здесь выявлены ловушки смешанного типа.

Литологические формы залежей достаточно многочисленны. Они показывают замещения в пластах пористых проницаемых пород непроницаемыми. На юге бассейна выявлены линзовидные и стратиграфически выклинивающиеся ловушки. Формирование углеводородных залежей здесь зависит от происхождения, миграции и скопления нефти и газа. Рассмотрим несколько характерных месторождений и условия их образования.

**Формирование залежей в Караме на западе бассейна.** Месторождение Карамай находится в зоне смещения на северо-западе бассейна, которая является крупным надвигом, протягивающимся с юго-запада Чэпайцзы через Хуншаньзуй, Карамай и Урхэ до северо-востока Шацзызе. Ее длина составляет 250 км, ширина – до 20 км. В этой зоне заключены разломы Хун-Чэ, Кэ-Вуи, Ву-Ша и несколько мелких разрывов. Три разлома, соединяясь друг с другом, составляют крупную надвиговую систему бассейна, которая получила название Северо-западное поднятие (рисунок 1) [3].

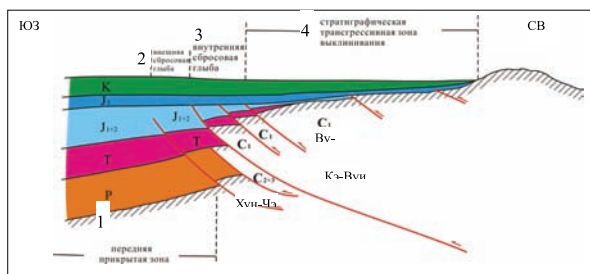


Рисунок 1. Тектонический покров К<sub>2</sub>-Ву в структуре северо-западного поднятия (по Янь Лунь, 1995)

Надвиговая система разломов делится на несколько типов структур: простая, сложная и чешуйчатая. По структуре и геологическим особенностям, зона разделяется на 4 нефтегазоносные области: 1- передняя закрытая зона; 2- внешняя; 3- внутренняя сбросовые глыбовые зоны и 4- стратиграфическая трансгрессивная зона выклинивания (рисунок 1).

Надвиговая система разломов является ведущей в формировании залежей углеводородов во всем бассейне Джунгарии. Она контролирует пути миграции и накопление нефти и газа в ловушках. Нефть и газ залегают в верхнетриасовых и нижнепермских отложениях в прогибе «Маху» Махийской центральной депрессии. Внутри депрессии пермские (р) отложения обогащены пластами каменного угля и являются «горючими пластами», а в окраинных частях включают конгломераты и песчаники как породы — коллекторы, мощностью более 1000 м. Средне- и нижне- триасовые (Т1-2) отложения представлены песчано-конгломератами с прослоями глины мощностью 200-1200 м. Верхне-триасовые (Т3) отложения сложны преимущественно глинистыми пластами мощностью 20-350 м. Под влиянием тектонических движений толщи нижней перми и триаса в разломной зоне сильно нарушены и образуют обширные разрывные нарушения, складки и сбросовые блоки. Углеводороды под высоким давлением мигрировали из центра депрессии через разрывы в ловушки на периферию депрессии. Таким образом формировались многочисленные месторождения нефти и газа. В дальнейшем, в меловом периоде эта зона подверглась интенсивному опусканию, что положило начало седиментационным процессам. В «Шангунхэйском» ярусе нижней юры и мела залегают глинистые породы, которые являлись хорошим флюидоупором для формировавшихся ловушек. К концу мелового периода седиментационные процессы стабилизировались, нефть и газ мигрируют по разрывным нарушениям, заполняя области с пониженным давлением. Так сформировались сводовые залежи на различных стратиграфических уровнях мезозоя и кайнозоя. Типичными залежами с такими характеристиками обладает месторождение

«Карамай», где обнаружены 11 промышленных нефтегазоносных уровней.

Формирования залежи на востоке бассейна. На востоке бассейна Джунгарии формирование нефтегазовых залежей кардинально отличается от залежей на северо-западе бассейна.

1. Условия формирования пермской залежи в области Вуцайван-Чжанпенгоу.

В позднем палеозое периферия бассейна Джунгарии испытала поднятие, а центральная часть — медленно опускалась, что привело к возникновению обширных зон депрессии на окраинах области (например, депрессия Вуцайван-Чжанпенгоу). Эта депрессия, сложенная глинисто-песчаной озерной фацией пермского возраста, существовала параллельно хребту Майли-Джаир как предгорный прогиб.

По фациальным условиям депрессия Вуцайван-Чжанпенгоу и антиклиналь Хуошаошан расположены на передней кромке древнего глинисто-песчаного конуса выноса. Толщина отложений перми — 1500-2000 м и юры — 800 м. В позднем мелу (К2) тектонические движения вновь изменили структуру этой зоны, что привело к активной миграции углеводородов из структуры депрессии в периферийные поднятия. Примером могут служить антиклиналь Хуошаошань и Хуонан, представленные относительно низкими уровнями поднятий и хорошим заполнением ловушек. Но вот антиклиналь Шацюхэй и Чжанпенгуо, характеризующиеся высокими уровнями поднятий, испытали сильную эрозию, в результате которой своды структур разрушились и углеводороды рассеялись [4].

2. Условия формирования нефтегазоносных залежей в области Шантай — северный Шантай.

В этой части бассейна Джунгарии формирование залежей осложнено. Здесь прослеживаются Шантайская структурная зона, вал Дунчюан в складчатой зоне и надвиговая зона Шантай-Фукан в предгорной депрессии. Северная Шантайская структурная зона представлена куполообразным поднятием между нефтегазоносными депрессиями Фукан и Цзимусар и предгорными депрессиями. В позднем триасе в депрессиях Фукан и Цзимусар началось формирование ловушек углеводородов, достигнув своего пика в позднем мелу. Следует отметить, что не все факторы способствовали благоприятным условиям формирования нефтегазовых ловушек. Так, нарушенная тектоническими движениями область Шантай в периоде от юры по мел непрерывно воздымалась, что приводило к обширной эрозии и размыву сводовых ловушек. Важен и тот факт, что данная область расположена в литологической переходной зоне, где фильтрационно-емкостные свойства коллекторов значительно изменяются. В области Шантай доказано наличие разобщенных залежей нефти и газа в мезозойских

отложениях, но их характеристики и нефтенасыщенность еще далеко не изучены [7, 8].

3. Условия формирования залежей в антиклинальной зоне предгорной депрессии.

В этой зоне нефтегазоматеринскими являются пермские (р), верхне-триасовые (Т3), нижне-меловые (К1) и миоценовые (N1) пласты. В плиоцене (N2) под влиянием тектонических движений альпийской фазы складчатости зона подверглась активному сжатию, в результате которого образовались множество молодых сводовых структур. Многие из них сегодня содержат углеводороды, многие – пустые.

#### Выводы

1. В целом, исходя из вышесказанного, можно отметить, что условия формирования залежей угле-

водородов в бассейне Джунгария были относительно благоприятны.

2. Тектонические движения и разрывные нарушения способствовали миграции нефти и газа, а так же аккумуляции их в обширных местоскоплениях.

3. Многие сводовые продуктивные поднятия позднее подверглись разрушениям. Эрозии и размывы осадочных толщ рассеяли углеводороды. Однако, по мнению ряда исследователей Чэнь Хэ, Пэн Ча и других [5, 6, 7, 8], бассейн нуждается в дальнейшем геологическом изучении. Перспективы его далеко не выявлены и, безусловно, могут возрасти при активном участии государства. Мы также работаем в этом направлении [9].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кан Юйчжу. Нефтяная геология бассейна Джунгария // Геология (Пекин). 1996. №4. С.100-110.

2 Новые данные по геологии нефти и газа бассейна Джунгария / Тун Сяогуан [и др.]. Наука (Пекин).1996. С.59-68.

3 Янь Лунь. Структурная геология и ловушки нефти и газа // Нефтяная промышленность. Серия Поиск и разведка нефти и газа в бассейне Джунгария (Пекин). 1995. С.88-100.

4 Чжоу Синей. Нефтегазовые залежи в бассейне Джунгария // Нефтяная промышленность. Серия Поиск и разведка нефти и газа в бассейне Джунгария. Пекин.1995. С.110-120.

5 Структурная эволюция и особенность формирования нефтегазовых залежей в бассейне Джунгария / Чэнь Е Цюан [и др.]. М.: Нефть и газ, 2004. №3. С.5-8.

6. Закономерность накопления нефти и газа в бассейне Джунгария / Хэ Дэн Фа [и др.]. М.: Нефть и газ, 2004. №5. С. 72-79.

7 Пэн Си Лин. Основы формирования нефти и газа на востоке бассейна Джунгария. М.: Нефтяная геология Синьцзяна, 1989. №12. С.37-40.

8 Исследование разма миграции и формирования залежей нефти и газа месторождения «Карамай» бассейна Джунгария / Чэнь Цзянь Пин [и др.] // Нефтяная геология над морем Китая. М. 2002. №1. С.19-22.

9 Го Минь, Сиднев А.В.. Основные структурно-тектонические элементы и нефтеносность бассейна Джунгария (Китай) / Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы междунар. науч.-техн. конф. Уфа: ИП Верко «Печатный дом», 2013. Вып. 7. С.67-69.

#### REFERENCES

1 Kan Yuichzhu. Neftyanaya geologiya basseina Dzhungariya // Geologiya (Pekin). 1996. №4. S.100-110.

2 Novye dannye po geologii nefiti i gaza basseina Dzhungariya / Tun Syaoguan [i dr.]. Nauka (Pekin).1996. S.59-68.

3 Yan' Lun'. Strukturnaya geologiya i lovushki nefiti i gaza // Neftyanaya promyshlennost'. Seriya Poisk i razvedka nefiti i gaza v basseine Dzhungariya (Pekin). 1995. S.88-100.

4 Chzhou Sinei. Neftegazovye zalezhi v basseine Dzhungariya // Neftyanaya promyshlennost'. Seriya Poisk i razvedka nefiti i gaza v basseine Dzhungariya. Pekin.1995. S.110-120.

5 Strukturnaya evolyuciya i osobennost' formirovaniya neftegazovyh zalezhei v basseine Dzhungariya / Chen' E Cyuan [i dr.]. M.: Neft' i gaz, 2004. №3. S.5-8.

6 Zakonomernost' nakopleniya nefiti i gaza v basseine Dzhungariya / He Den Fa [i dr.]. M.: Neft' i gaz, 2004. №5. S. 72-79.

7 Pen Si Lin. Osnovy formirovaniya nefiti i gaza na vostoке basseina Dzhungariya. M.:

Neftyanaya geologiya Sin'czyana, 1989. №12. S.37-40.

8 Issledovanie raza migracii i formirovaniya zalezhei nefiti i gaza mestorozhdeniya «Karamai» basseina Dzhungariya / Chen' Czyan' Pin [i dr.] // Neftyanaya geologiya nad morem Kitaya. M. 2002. №1. S.19-22.

9 Go Min', Sidnev A.V.. Osnovnye strukturno-tektonicheskie elementy i neftenosnost' basseina Dzhungariya (Kitai) / Aktual'nye problemy tehniceskikh, estestvennyh i gumanitarnyh nauk: Materialy mezhdunar. nauch.-tehn. konf. Ufa: IP Verko «Pечатnyi dom», 2013. Vyp. 7. S.67-69.

Го Минь (КНР), аспирант Горно-нефтяного факультета УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация  
Guo Min (PRC), Postgraduate Student of the Faculty of Petroleum Engineering, FSBEI HPE USPTU. Ufa, the Russian Federation  
e-mail: guomin@yandex.ru

Сиднев А.В., д-р геолого-минерал. наук, профессор кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений» Горно-нефтяного факультета УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация  
A.V. Sidnev, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Chair "Geology and Exploration of Oil and Gas Fields" of the Faculty of Petroleum Engineering, FSBEI HPE USPTU, Ufa, the Russian Federation