

УДК 553.982

DOI 10.31087/0016-7894-2022-1-85-94

Условия формирования нефтяных залежей в пермских отложениях восточной части впадины Фукан (бассейн Джунгария)

© 2022 г. | Х. Ян¹, Е.В. Соболева¹, Ш. Цю²¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; Россия, Москва; yanghouqiang@qq.com; phitan@yandex.ru²Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе; Россия, Москва; qiushizhe@qq.com

Поступила 11.06.2021 г.

Доработана 14.09.2021 г.

Принята к печати 19.10.2021 г.

Ключевые слова: *впадина Фукан; склон Фудун; нефть; залежь; миграция; факторы формирования; нефтегазо-материнские породы.*

Аннотация: Впадина Фукан и выступы, ограничивающие ее с востока и юга, Джунгарского нефтегазоносного бассейна являются по запасам углеводородов самыми богатыми. Поскольку темпы роста предполагаемых запасов нефти и газа в целом на территории нефтегазоносного бассейна замедлились, центральная часть впадины Фукан и ее склоны становятся новыми ключевыми участками поисков и разведки залежей углеводородных флюидов. Особенности геологического строения склона Фудун, соединяющего восточные выступы обрамления и погруженную центральную часть впадины Фукан, благоприятны для миграции нефти и газа из нефтегазоматеринских пород в ловушки. В пермских отложениях восточного выступа Бейсаньтай уже обнаружены залежи с промышленными дебитами нефти. Для обоснования возможных направлений геологических исследований для обнаружения скоплений нефти и/или газа во впадине Фукан всесторонне изучались доступные геологические и геофизические данные: сейсмические профили, данные бурения — каротажные диаграммы и керн, структурные особенности склона Фудун, а также условия седиментогенеза, диагенеза и катагенеза пермских отложений для выделения нефтегазоматеринских пород и установления факторов, влияющих на аккумуляцию углеводородных флюидов и консервацию залежей нефти.

Для цитирования: Ян Х., Соболева Е.В., Цю Ш. Условия формирования нефтяных залежей в пермских отложениях восточной части впадины Фукан (бассейн Джунгария) // Геология нефти и газа. – 2022. – № 1. – С. 85–94. DOI: 10.31087/0016-7894-2022-1-85-94.

Permian deposits of the eastern part of the Fukang Sag (Junggar Basin): settings of hydrocarbon pool formation

© 2022 | H. Yang¹, E.V. Soboleva¹, Sh. Qiu²¹Lomonosov Moscow State University; Moscow, Russia; yanghouqiang@qq.com; phitan@yandex.ru²Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting; Moscow, Russia; qiushizhe@qq.com

Received 11.06.2021

Revised 14.09.2021

Accepted for publication 19.10.2021

Key words: *Fukang Sag; Fudong slope; oil; reservoir; migration; factors of formation; oil and gas source rocks.*

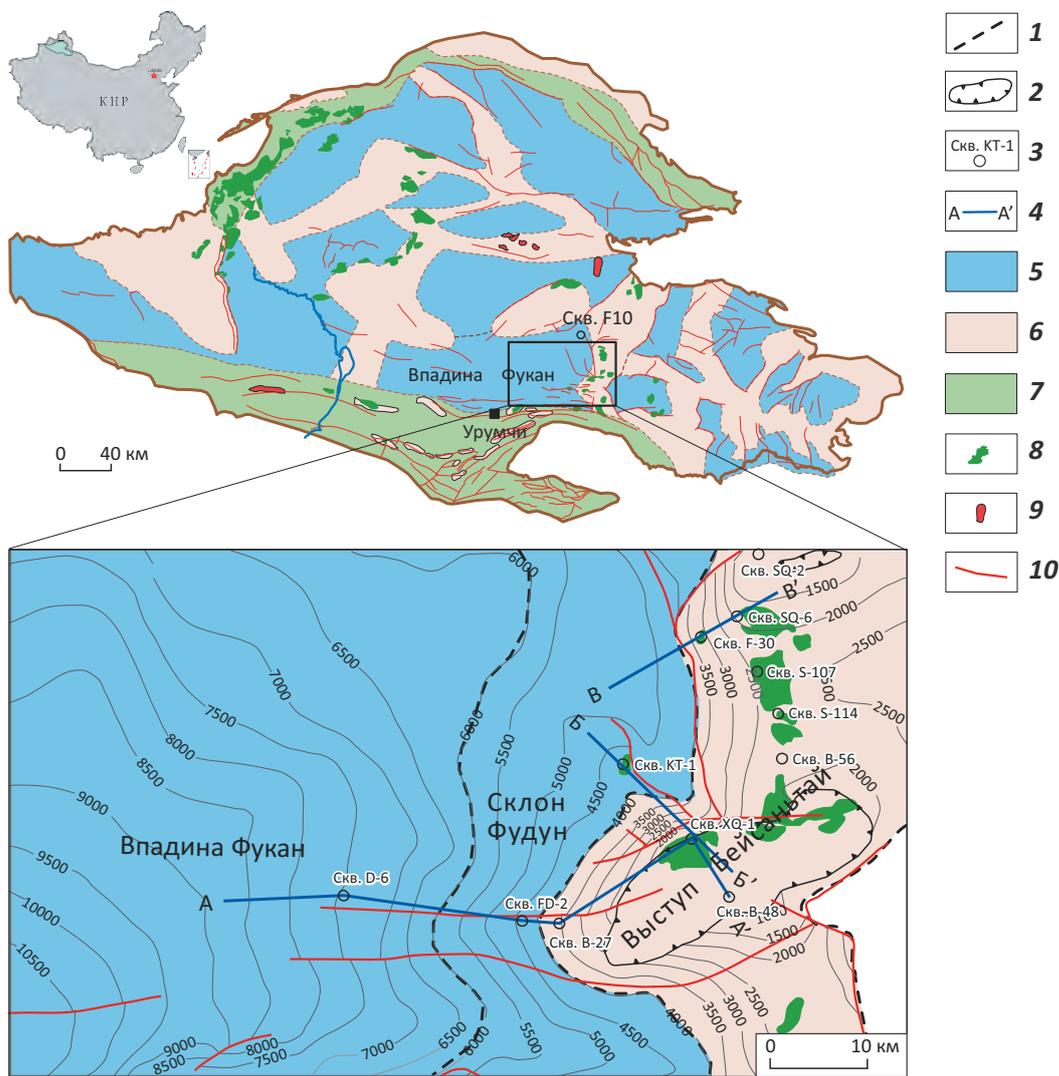
Abstract: The Fukang Sag and surrounding uplifts in the east and south within the Junggar petroleum basin are the areas richest in hydrocarbon reserves. Since the rate of the expected oil and gas reserves growth in the entire petroleum basin began to slow down, the central part of the Fukang Sag and its slopes are becoming new key areas for exploration and prospecting for hydrocarbon fluid pools. The features of the Fudong slope geological structure, which connects the framing eastern uplifts and the Fukang Sag depocentre, are favourable for hydrocarbons migration from oil and gas source rocks into traps. In the Permian deposits of the Beisantai uplift, commercial oil reserves have already been discovered. In order to substantiate possible trends of geopetroleum studies for oil and/or gas accumulations discovery in the Fukang Sag, we have comprehensively studied the available geological and geophysical data, including: seismic sections, drilling data, logging diagrams and core, structural features of the Fudong slope, as well as sedimentogenesis, diagenesis and catagenesis settings in the Permian deposits to identify oil and gas source rocks, factors affecting hydrocarbon fluid accumulation and conservation of oil reservoirs.

For citation: Yang H., Soboleva E.V., Qiu Sh. Permian deposits of the eastern part of the Fukang Sag (Junggar Basin): settings of hydrocarbon pool formation. *Geologiya nefi i gaza*. 2022;(1):85–94. DOI: 10.31087/0016-7894-2022-1-85-94. In Russ.



FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 1. Структурная карта восточной части впадины Фукан по кровле свиты Пиндицюань
Fig. 1. Depth map of the eastern part of the Fukang Sag — Pingdiqian Formation Top



Границы (1, 2): 1 — тектонических элементов, 2 — выклинивания свиты Пиндицюань; 3 — скважины; 4 — линия геологического разреза; 5 — впадины; 6 — выступы; 7 — зона повышенной трещиноватости; залежи (8, 9): 8 — нефтяные, 9 — газовые; 10 — разломы

Boundaries (1, 2): 1 — tectonic elements, 2 — wedging out of Pingdiqian Formation; 3 — wells; 4 — geological cross-section line; 5 — depression; 6 — uplift; 7 — zone of higher fracturing; accumulations (8, 9): 8 — oil, 9 — gas; 10 — faults

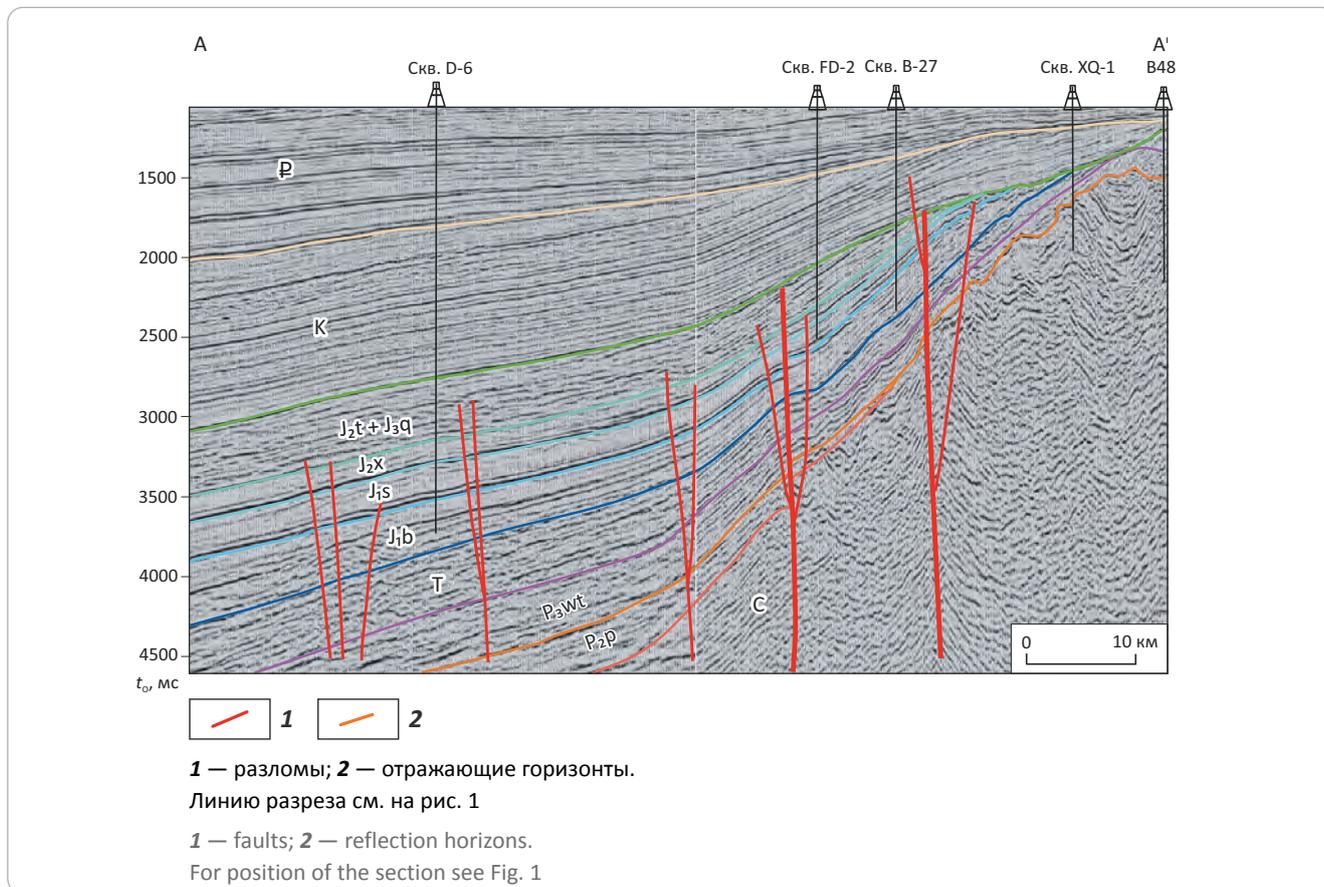
Введение

Впадина Фукан — один из относительно молодых нефтегазодобывающих районов Джунгарского нефтегазоносного бассейна. С 1980-х гг. до начала XXI в. были достигнуты успехи в приросте ресурсов нефти и газа в пределах выступов, ограничивающих ее восточную часть, и открыты нефтяные месторождения Бейсантай, Сантай, Ганхе, Шабей и Шанань.

Для обеспечения сохранения роста запасов нефти и газа в последние годы повышенный интерес представляют такие перспективные нефтегазоносные территории, как центральная часть впадины Фукан и ее малоизученные склоны.

Склон Фудун расположен в восточной части впадины Фукан и представляет собой унаследованную структуру древнего фундамента. Он занимает площадь около 1000 км² и является одним из наименее изученных на территории восточной части впадины Фукан (рис. 1). Осадочный чехол впадины Фукан сложен терригенными отложениями от каменноугольной до четвертичной системы, которые залегают несогласно на нижележащем складчатом основании позднегерцинского времени консолидации. Пермские отложения до недавнего времени не привлекали внимания исследователей из-за глубокого залегания до тех пор, пока в скв. КТ-1 не был получен промышленный приток нефти. В последние годы новые сейсмические данные, особенно-

Рис. 2. Геологическая интерпретация сейсмического временного профиля по линии разреза А–А'
Fig. 2. Geological interpretation of seismic time section along A–A' line



сти строения склона Фудун, диаграммы каротажа, анализы керн и шлама из центральных районов впадины и ее склонов позволяют вносить серьезные коррективы в сложившиеся представления о перспективах нефтегазоносности пермских отложений.

Тектоника

В восточной части впадины Фукан выделяются следующие структуры: выступ Бейсаньтай и склон Фудун (см. рис. 1). Выступ Бейсаньтай является конседиментационной структурой, о чем свидетельствует его унаследованность строению складчатого основания и выполаживание вверх по разрезу. Склон Фудун представляет собой моноклинально залегающие и воздымающиеся с запада на восток толщи пород пермской, триасовой, юрской и меловой систем, осложненные субвертикальными разломами (рис. 2).

Разрывные нарушения, осложняющие строение осадочного чехла, широко распространены во впадине Фукан и на выступе Бейсаньтай. Они сформировались в процессах неоднократной тектонической активизации в Джунгарском осадочно-порочном бассейне (герцинской, индокитайской и яньшаньской) [1, 2]. Большинство разломов затухает в юрских отложениях — их амплитуды смещения сводятся к нулю, но некоторые из них деформируют разрез до меловой системы (см. рис. 2).

Литолого-стратиграфическая характеристика разреза

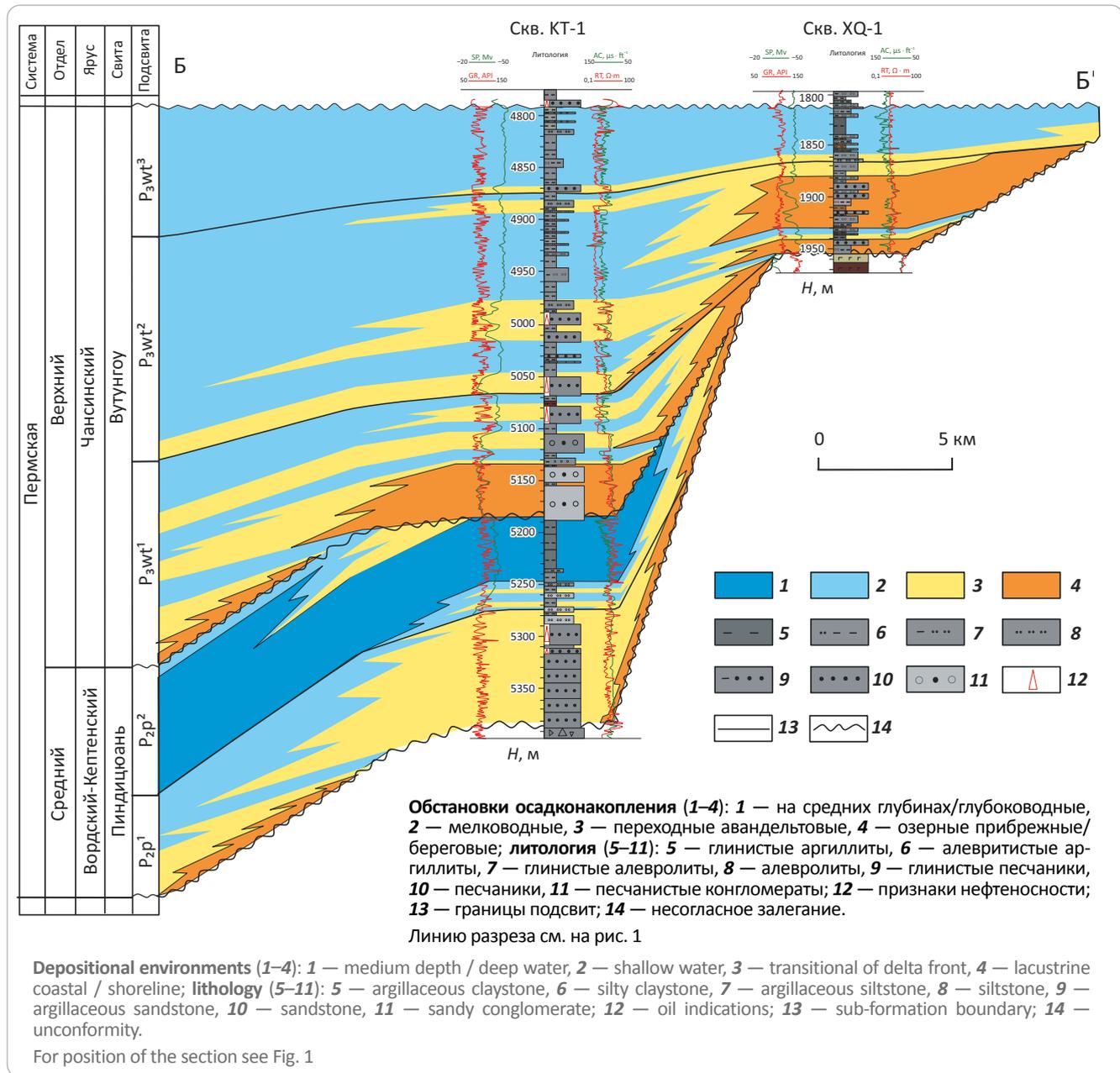
В пермской системе восточной части впадины Фукан выделяется два отдела — средний и верхний, которые несогласно залегают на каменноугольных и несогласно перекрываются триасовыми породами (рис. 3). Мощность пермских отложений уменьшается от центральной части впадины Фукан (1083 м) к выступу Бейсаньтай (43 м).

Среднепермские отложения в основном распространены на территории впадины Фукан и относительно пониженных участков выступов, ограничивающих ее восточную часть (см. рис. 1). В них выделяется свита Пиндицюань (P₂p) (или свита Шанвуэрхе) ворд-кептенского возраста, которую можно разделить на две подсвиты — нижнюю (P₂p¹) и верхнюю (P₂p²). Нижняя подсвита (0–132 м) представлена переслаиванием серых мелкозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов. Верхняя подсвита — толща аргиллитов, которая считается одной из основных нефтегазоматеринских пород (НГМП) в рассматриваемом регионе, ее мощность, вскрытая скв. КТ-1, достигает 50 м.

Верхнепермские отложения на рассматриваемой территории распространены повсеместно, в них выделяется свита Вутунгоу (P₃wt) чансинского века, которая несогласно залегают на свите Пиндицюань. В свите Вутунгоу по литологическому сос-



Рис. 3. Литофациальный профиль пермских отложений склона Фудун по линии разреза Б–Б'
 Fig. 3. Lithofacies section of the Permian deposits — Fudong slope, Б–Б' line



таву обособляется три подсвиты – нижняя (P_3wt^1), средняя (P_3wt^2) и верхняя (P_3wt^3). Нижняя и средняя распространены не повсеместно, они выклиниваются на склоне Фудун и выступе Бейсаньтай (см. рис. 3). Нижняя подсвита (0–130 м) сложена преимущественно песчанистыми конгломератами, среднезернистыми и мелкозернистыми песчаниками, чередующимися с прослоями глинистых алевритов, средняя (0–183 м) — аргиллитами, алеврититами, мелкозернистыми и среднезернистыми песчаниками, верхняя — серыми глинистыми алеврититами с тонкими прослоями мелкозернистых песчаников (43–100 м). В пределах восточной части впадины Фукан к ним приурочены основные продуктивные горизонты (см. рис. 3).

Источник УВ-флюидов

В настоящее время промышленные залежи нефти открыты в восточной части впадины Фукан, как в свите Вутунгоу, так и в свите Пиндицюань. Результаты корреляции ОВ НГМП – нефть показывают, что источником нефти в залежах вутунгоуских отложений являются пиндицюаньские НГМП [3]. Нефти из залежей свиты Пиндицюань, характеризующиеся относительно тяжелым изотопным составом углерода, могут быть связаны с каменноугольными НГМП, имеющими такой же изотопный состав углерода [4].

Каменноугольные НГМП во впадине Фукан залегают глубоко, и на основании имеющихся геологических данных их пространственное распростра-

Таблица. Результаты пиролиза Rock-Eval образцов пермских нефтегазоматеринских пород свиты Пиндицюань (P₂p)
Table. Results of Rock-Eval pyrolysis of Permian source rock samples taken from the Pingdiqian Formation (P₂p)

Скважина	Глубина, м	ТОС, %	T _{max} , °C	S ₁ + S ₂ , мг УВ/г породы	Н ₁ , мг УВ/г ТОС
В-56	2530,13	5,53	446	22,92	413,56
В-56	2531,5	0,55	440	2,45	420
В-56	2533,73	6,21	438	22,48	335,27
В-56	2541	2,03	448	6,11	300
В-56	2543,8	1,06	445	1,05	94,34
Ф-10	4114	0,7	439	0,81	100
Ф-10	4194	0,56	436	0,84	144,64
Ф-10	4214	0,62	437	0,91	129,03
Ф-10	4234	0,72	437	1,44	177,78
Ф-10	4254	1,08	437	1,52	117,59
Ф-10	4274	2,02	423	2,89	100
Ф-10	4292	0,46	390	1,38	150
Ф-10	4292	0,63	467	0,49	28,57
Ф-10	4293,05	0,78	455	0,72	43,59
Ф-10	4293,1	0,67	455	0,62	44,78
Ф-10	4294	0,66	422	2,24	207,58
Ф-10	4374	2,57	445	7,94	245,14
Ф-10	4394	1,83	445	2,65	128,96
SQ-2	2507,71	2,8	440	4,32	152,86
SQ-2	2507,71	2,75	437	6,07	217,45
SQ-2	2526,95	6,72	437	26,28	385,27
SQ-2	2553,3	0,75	445	1,22	138,67
SQ-2	2597,35	4,66	440	20,57	422,75
КТ-1	5210,63	3,43	442	10,68	223,46
КТ-1	5223	3,76	446	13,54	275,61

нение не определено. В зоне выступа Бейсаньтай некоторые скважины вскрыли каменноугольные НГМП. Геохимические исследования показали, что аргиллиты с прослоями углей и углестые аргиллиты серпуховского яруса (C₁s) характеризуются большим содержанием ОВ (ТОС = 11,78 %) и высоким генерационным потенциалом (S₁ + S₂ = 21,18 мг УВ/г породы), которые рассматриваются как нефтегазоматеринские [5] с ОВ смешанного преимущественно гумусового типа (II₂ и III). Большая часть каменноугольных НГМП находится в главной зоне нефтеобразования (ГЗН) (R₀ = 0,88 %), в более погруженных частях впадины они уже вошли в ГЗН [6], поэтому каменноугольные НГМП в центральной части впадины Фукан могут генерировать природный газ.

Пермскими НГМП являются аргиллиты свиты Пиндицюань, их мощность в скв. КТ-1 составляет 50 м, максимальная мощность отмечена в южной части впадины Фукан (около г. Урумчи) и составляет 250 м. Для характеристики качества пермских НГМП было проанализировано 25 образцов се-

ро-черных аргиллитов, полученных из 4 скважин – В-56, Ф-10, SQ-2, КТ-1 (таблица; см. рис. 1).

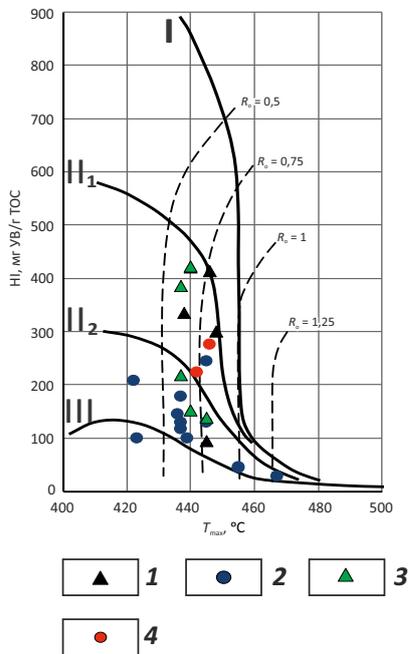
Содержание ТОС в образцах варьирует от 0,46 до 6,72 % (в среднем 2,14 %), значение S₁ + S₂, характеризующее генерационный потенциал, изменяется от 0,49 до 26,28 мг УВ/г породы (в среднем 6,49 мг УВ/г породы). Из этого следует, что пермские НГМП богаты ОВ и имеют хороший генерационный потенциал. В образцах преобладает сапропелевое ОВ с керогеном типов П₁–П₂ (рис. 4). Степень зрелости ОВ большинства изученных образцов пород по значениям T_{max} (от 438 до 448 °C) соответствует градациям мезокатагенеза МК₂, что не противоречит результатам моделирования истории погружения пород и эволюции термического режима по данным бурения скв. КТ-1. Аргиллиты верхней подсвиты (P₂p²) свиты Пиндицюань начали генерировать УВ-флюиды в поздне триасовую эпоху и в настоящее время находятся в ГЗН (рис. 5; см. рис. 4). Геохимические исследования показали, что пермские НГМП накапливались в лагуне и/или соленом озере



FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 4. Определение типа керогена и степени его зрелости по пиролизическим параметрам для пиндицюаньских НГМП восточной части впадины Фукан

Fig. 4. Determination of kerogen type and maturity using pyrolysis parameters — Pingdiquan source rocks of the Fukang Sag eastern part



Скважина (1–4): 1 — В-56, 2 — F-10, 3 — SQ-2, 4 — КТ-1

Well (1–4): 1 — В-56, 2 — F-10, 3 — SQ-2, 4 — КТ-1

в относительно восстановительных условиях седиментации [7].

Эволюция осадконакопления в пермском периоде

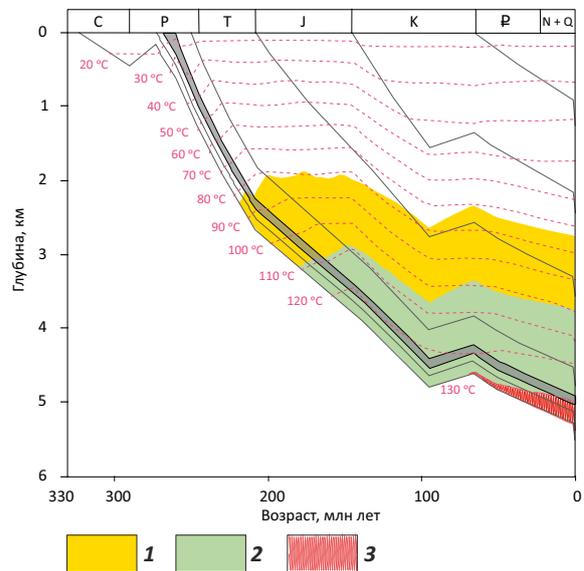
Седиментация пермских отложений контролировалась источниками сноса и палеоморфологией рельефа. Во время накопления свиты Вутунгоу в восточной части впадины Фукан значительную роль стали играть веерообразные дельты, отложения которых накапливались в краевых частях впадины на границе с палеоподнятиями (рис. 6 А–С).

Свита Вутунгоу в целом представляет собой ретроградационную систему отложений веерообразной дельты (фан-дельты), в которой коэффициент песчаности вверх по разрезу постепенно уменьшается (см. рис. 4).

Во время накопления нижней подсвиты площадь мелкого озера была небольшой. В это время в озере и по его подводным склонам накапливались отложения фронта веерообразной дельты, а около линии денудации на береговой равнине формировались песчаные осадки незначительной мощности (см. рис. 6 А). Позже при накоплении средней подсвиты во время трансгрессии произошло расширение площади озера и его углубление, при этом веерообразные дельты переместились на северо-восток (см. рис. 6 В). В устьях дельтовых проток на мелководье формировались многочисленные

Рис. 5. История погружения пиндицюаньских пород и эволюция термического режима по данным бурения скв. КТ-1

Fig. 5. History of Pingdiquan rocks subsidence and thermal regime evolution in accordance with КТ-1 well drilling data



Отражательная способность витринита, R_o (градации мезокатагенеза МК₁–МК₃; ГЗН — палеотемпературы 50–200 °С), % (1–3): 1 — 0,5–0,7, 2 — 0,7–1, 3 — 1–1,3

Vitrinite reflectance R_o (mesocatagenesis gradations МК₁–МК₃; Oil Window — paleotemperature 50–200 °С), % (1–3): 1 — 0.5–0.7, 2 — 0.7–1, 3 — 1–1.3

песчаные бары разной величины. Во время накопления верхней подсвиты озеро еще больше расширилось и углубилось, привнос терригенного материала из источников сноса сократился, поэтому площади веерообразных дельт уменьшились, как и число песчаных баров (см. рис. 6 С).

В процессе эволюции озерных обстановок осадконакопления сформировались песчаные тела как на фронтальной части веерообразной дельты, так и на береговой равнине. Песчаные тела на фронтальной части представлены мелкозернистыми и среднезернистыми песчаниками и песчанистыми конгломератами, в них отмечается хорошая сортировка и окатанность обломочного материала с незначительным количеством глинистого цемента, в то время как береговые валы вдоль русел и проток на дельтовой равнине формировались из конгломератов и песчаных конгломератов с плохой сортировкой и высоким содержанием глинистого цемента (рис. 7).

Песчаники и конгломераты в свите Вутунгоу рассматриваются как коллекторы для нефти и газа пермских залежей. Поскольку пермские коллекторы в районах склона Фудун и центральной части впадины Фукан залегают глубже (> 4500 м), чем в районах обрамляющих выступов, они в целом характеризуются плохими фильтрационно-емкостными свойствами вследствие уменьшения ем-

Рис. 6. Схемы эволюции озерных обстановок осадконакопления свиты Вутунгоу в восточной части впадины Фукан

Fig. 6. Schemes of evolution of lacustrine depositional environments — Wutungou Formation, eastern part of the Fukang Sag

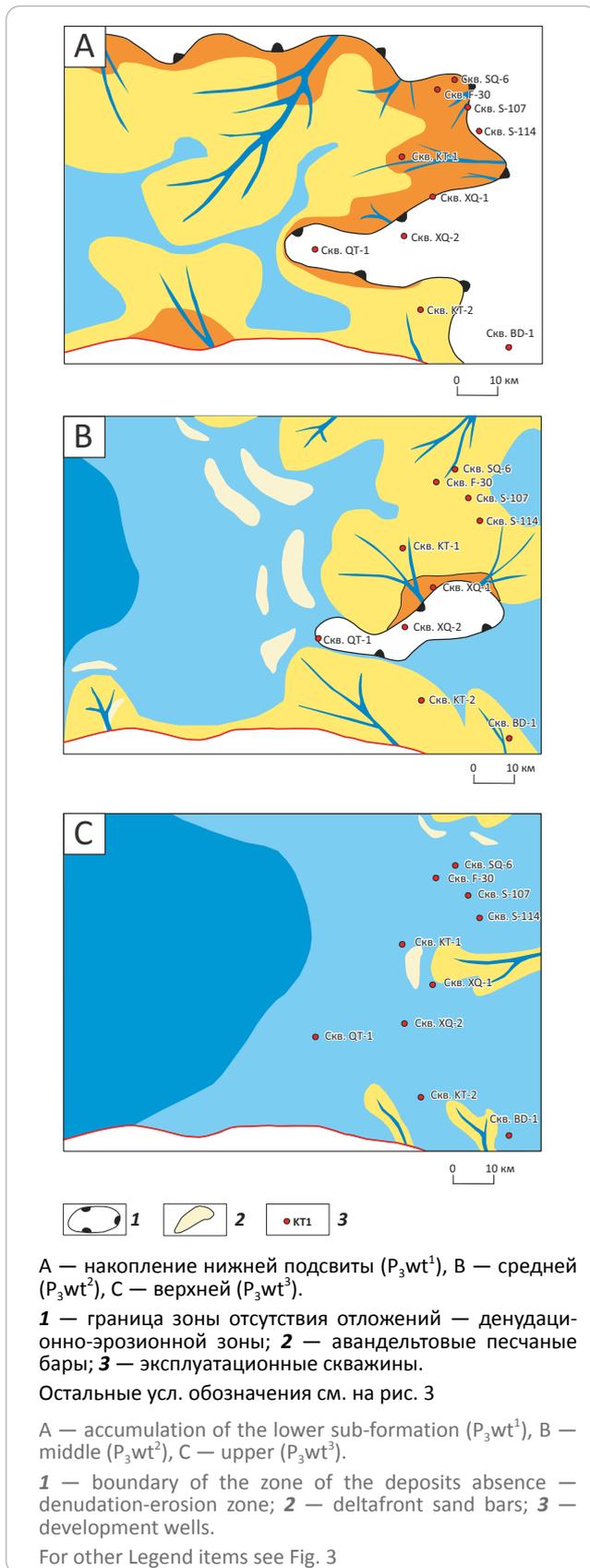
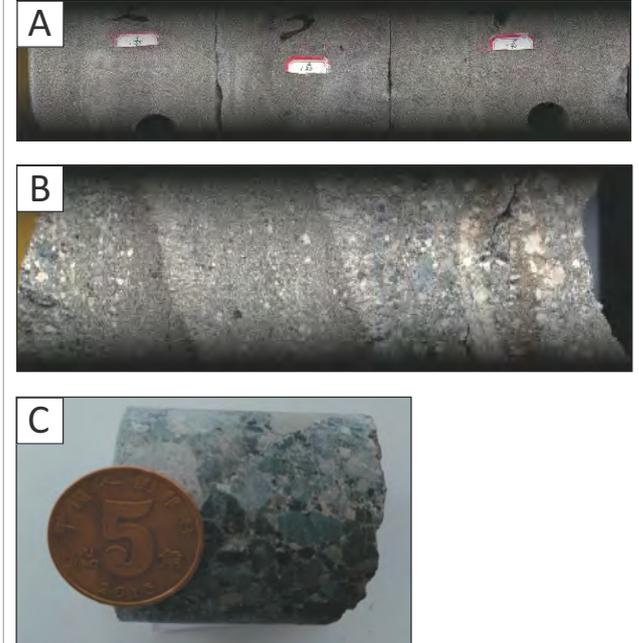


Рис. 7. Литологическая характеристика отложений свиты Вутунгоу, определенная по керну различных песчаных тел

Fig. 7. Lithological characteristics of Wutungou Formation deposits studied on core from different sand bodies



А — скв. S-114, P_3wt^2 , 2583,32–2583,75 м, среднезернистые песчаники, **В** — скв. S-107, P_3wt^2 , 2663,71–2664 м, среднезернистые песчаники с гравелитом, **С** — скв. КТ-1, P_3wt^1 , 5161 м, несортированные конгломераты.

А, В — фронт веерообразной дельты, **С** — валы вдоль русел и проток на дельтовой равнине

A — S-114 well, P_3wt^2 , 2583.32–2583.75 m, medium-grained sandstone, **B** — S-107 well, P_3wt^2 , 2663.71–2664 m, medium-grained sandstone with gravelstone, **C** — КТ-1 well, P_3wt^1 , 5161 m, nongraded conglomerate.

A, B — front of fan-shaped delta, **C** — levees and distributary on delta plain

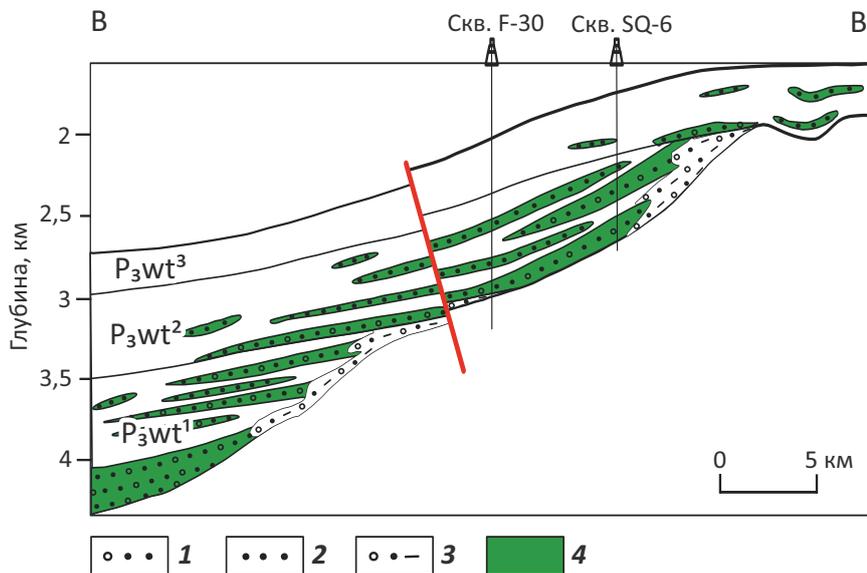
костного пространства за счет уплотнения пород и действия вторичных катагенетических процессов. В скв. КТ-1 коллекторы нижней (P_3wt^1) и средней (P_3wt^2) подсвит свиты Вутунгоу (5000–5100 м) характеризуются низкой открытой пористостью — 2,8–7 % (в среднем 5,1 %), что существенно отличается от коллекторских свойств в зоне выступов, где средняя пористость составляет 17,2 % [8]. В скв. КТ-1 из вутунгоуских коллекторов получены промышленные притоки нефти и газа с дебитами 290,6 и $1,1 \cdot 10^4$ м³/сут соответственно. Вероятно, здесь тип коллектора порово-трещинный, связанный с разломами, что является ключевым фактором высоких дебитов.

Ловушки и залежи

В вутунгоуских отложениях восточной части впадины Фукан выделяются следующие основные генетические типы ловушек [9, 10]: структурные, связанные с тектоническими деформациями (как пликативными, так и дизъюнктивными), стратиграфические, включающие литологически экранированные и комбинированные (рис. 8).



Рис. 8. Типы ловушек свиты Вутунгоу в отложениях чансинского яруса пермской системы по линии разреза В–В'
Fig. 8. Trap types of Wutungou Formation in the Permian Changxing Fm deposits in the section across B–B' line



1 — песчаные конгломераты; 2 — песчаники; 3 — глинисто-песчаные конгломераты; 4 — ловушки.
 Линию разреза см. на рис. 1

1 — sandy conglomerate; 2 — sandstone; 3 — sandy-argillaceous conglomerate; 4 — traps.
 For position of the section see Fig. 1

Стратиграфические и литологические ловушки формировались при расширении и углублении озера во время трансгрессии, глинистые отложения перекрывали уже образовавшиеся песчаные тела. Во время яньшаньской фазы мезозойской складчатости (J–K₁) восточный борт впадины Фукан быстро воздымался, пласты осадочных пород в пределах выступа Бейсаньтай деформировались, образуя антиклинальные структуры. В это же время системы дизъюнктивных нарушений активизировались, на склоне выступа формировались тектонически экранированные ловушки. Перечисленные ловушки образовались раньше или во время вхождения пермских НГМП в ГЗН, поэтому можно предполагать, что в них поступала нефть при латеральной и вертикальной миграции УВ-флюидов из НГМП погруженной части впадины Фукан и формировались залежи нефти.

Флюидоупоры

Мощные пласты аргиллитов (10–160 м) верхней подсвиты Вутунгоу, а также триасовые глинистые отложения, широко развитые в восточной части впадины Фукан, являются региональной покрывкой и обеспечивают консервацию залежей нефти и газа.

Направление и пути миграции УВ-флюидов

УВ-флюиды мигрируют в основном по «доминирующим» каналам, которые в восточной части впадины Фукан и на склоне Фудун представлены моноклинально залегающими песчаными пласта-

ми, способствующими латеральной миграции, и субвертикальными разломами, обеспечивающими вертикальную.

Песчаные пласты являются основными каналами миграции УВ-флюидов на большие расстояния. Дельтовые русловые песчаники верхней подсвиты (P₃wt¹) свиты Вутунгоу представляют собой непрерывный миграционный слой с хорошими коллекторскими свойствами, в который микронепфть поступает из НГМП подсвиты P₂P₂ и далее латерально мигрирует до уже существующих ловушек на восточном склоне Фудун.

Разломы являются основными каналами для вертикальной миграции УВ-флюидов. Как уже отмечалось, во впадине развиты многочисленные разломы, которые могут служить путями вторичной миграции от пермских НГМП до ловушек в вутунгоуских отложениях (см. рис. 2). Разломы во время и после тектонической активизации яньшаньской фазы мезозойской складчатости (J–K₁) были проводящими. В это же время НГМП уже находились в ГЗН и генерировали микронепфть, разломы контролировали миграцию нефти.

Эрозионные зоны с вторичными коллекторами, которые приурочены к границам несогласий, могут быть также путями латеральной миграции УВ-флюидов [11]. В осадочном разрезе в восточной части впадины Фукан отмечается два региональных несогласия — в подошве свиты Пиндицюань и между свитами Пиндицюань и Вутунгоу.

Выводы

На основании проведенных исследований авторы статьи считают, что в пермских отложениях во впадине Фукан и на склоне Фудун существовали перечисленные ниже благоприятные условия для формирования залежей нефти и газа, поскольку в их пределах происходила генерация, аккумуляция УВ-флюидов и консервация залежей:

1) аргиллиты свиты Пиндицюань, являющиеся нефтегазоматеринской породой, имеют хороший генерационный потенциал и могли обеспечить достаточное количество УВ-флюидов для залежей свиты Вутунгоу (P₃wt);

2) во время накопления свиты Вутунгоу как во впадине Фукан, так и на склоне Фудун, во фрон-

тальной части веерообразной речной дельты и на равнине отлагались песчаные тела, формируя резервуары для нефти и газа;

3) нефть и газ, образовавшиеся в очаге генерации в нефтегазоматеринских породах (P₂p²) в погруженной части впадины Фукан, мигрировали по моноклинально залегающим песчаным пластам, по разломам и зонам региональных несогласий до уже существовавших в это время ловушек и аккумуляровались в них, региональные флюидоупоры верхней части свиты Вутунгоу и глинистые триасовые породы обеспечивали консервацию залежей в восточной части впадины Фукан и на ее склоне Фудун.

Литература

1. Wu K., Zha M., Qu J., Tian H. Control of Bogeda mountain uplift on the structural formation and evolution in Beisantai region // *Journal of the University of Petroleum*. – 2004. – Т. 28. – № 2. – С. 1–5.
2. Wu X., Zhou L., Yang D., Qi X., Li B. Structure evolution and hydrocarbon accumulation on the Beisantai uplift in Junggar Basin // *Chinese Journal of Geology*. – 2012. – Т. 47. – № 3. – С. 653–668.
3. He J., Chen S., Wu B., Zhang J., Li Y., Huang H. Source analysis of crude oil in Shanan oilfield, Junggar Basin // *Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition)*. – 2018. – Т. 33. – № 1. – С. 15–20. DOI: 10.3969/j.issn.1673-064X.2018.01.003.
4. He H., Zhi D., Tang Y., Liu C., Chen H., Guo X., Wang Z. A great discovery of Well Kangtan 1 in the Fukang Sag in the Junggar Basin and its significance // *China Petroleum Exploration*. – 2021. – Т. 26. – № 2. – С. 1–11. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7703.2021.02.001.
5. Yang F., Song Y., Chen H., Gong D., Bian B., Liu H. Evaluation of Carboniferous Songkaersu Formation source rocks and gas-source correlation in the Fukang Sag of eastern Junggar Basin // *Natural Gas Geoscience*. – 2019. – Т. 30. – № 7. – С. 1018–1026. DOI: 10.11764/j.issn.1672-1926.2019.03.006.
6. Yang T., Zhang X., Jiang T., Yue H., Liu B., Yu S. Geochemical characteristics and oil source analysis of Carboniferous oil in Beisantai Area // *Xinjiang Oil & Gas*. – 2020. – Т. 26. – № 3. – С. 21–25.
7. Ян Х., Соболева Е.В. Геолого-геохимические условия формирования состава нефтей залежей пермского и юрского нефтегазоносных комплексов впадины Фукан (бассейн Джунгария) // *Георесурсы*. – 2021. – Т. 23. – № 2. – С. 110–119. DOI: 10.18599/grs.2021.2.10.
8. Lin M., Cao Y., Xi K., Wang J., Chen H., Wu J. Characteristics and controlling Factors of Permian reservoirs in eastern slope of Fukang Sag // *Journal of Jinlin University (Earth Science Edition)*. – 2018. – Т. 48. – № 4. – С. 991–1007. DOI: 10.13278/j.cnki.jjuese.20170086.
9. Брод И.О. Основы учения о нефтегазоносных бассейнах. – М.: Недра, 1964. – 57 с.
10. Леворсен А. Геология нефти и газа // *Науки о Земле*. Т. 22. – М.: Мир, 1970. – 640 с.
11. Qu J., Zha M., Tian H., Shi X., Hu P. Unconformities and hydrocarbon accumulation in Beisantai area, Junggar Basin // *Xinjiang Petroleum Geology*. – 2003. – Т. 24. – № 5. – С. 386–388.

References

1. Wu K., Zha M., Qu J., Tian H. Control of Bogeda mountain uplift on the structural formation and evolution in Beisantai region. *Journal of the University of Petroleum*. 2004;28(2):1–5.
2. Wu X., Zhou L., Yang D., Qi X., Li B. Structure evolution and hydrocarbon accumulation on the Beisantai uplift in Junggar Basin. *Chinese Journal of Geology*. 2012;47(3):653–668.
3. He J., Chen S., Wu B., Zhang J., Li Y., Huang H. Source analysis of crude oil in Shanan oilfield, Junggar Basin. *Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition)*. 2018;33(1):15–20. DOI: 10.3969/j.issn.1673-064X.2018.01.003.
4. He H., Zhi D., Tang Y., Liu C., Chen H., Guo X., Wang Z. A great discovery of Well Kangtan 1 in the Fukang Sag in the Junggar Basin and its significance. *China Petroleum Exploration*. 2021;26(2):1–11. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7703.2021.02.001.
5. Yang F., Song Y., Chen H., Gong D., Bian B., Liu H. Evaluation of Carboniferous Songkaersu Formation source rocks and gas-source correlation in the Fukang Sag of eastern Junggar Basin. *Natural Gas Geoscience*. 2019;30(7):1018–1026. DOI: 10.11764/j.issn.1672-1926.2019.03.006.
6. Yang T., Zhang X., Jiang T., Yue H., Liu B., Yu S. Geochemical characteristics and oil source analysis of Carboniferous oil in Beisantai Area. *Xinjiang Oil & Gas*. 2020;26(3):21–25.
7. Yang H., Soboleva E.V. Geological and geochemical conditions for the formation of the oil composition in the deposits of the Permian and Jurassic oil and gas complexes in the Fukang depression (Junggar basin). *Georesursy = Georesources*. 2021;23(2):110–119. DOI: 10.18599/grs.2021.2.10.
8. Lin M., Cao Y., Xi K., Wang J., Chen H., Wu J. Characteristics and controlling Factors of Permian reservoirs in eastern slope of Fukang Sag. *Journal of Jinlin University (Earth Science Edition)*. 2018; 48(4):991–1007. DOI: 10.13278/j.cnki.jjuese.20170086.
9. Brod I.O. Osnovy ucheniya o neftegazonosnykh basseynakh [Fundamentals of the theory of oil and gas basins]. Moscow: Nedra; 1964. 57 p.
10. Levorsen A.I. Geologiya nefiti i gaza [Geology of petroleum]. In: Earth sciences series. Vol. 22. Moscow: Mir; 1970, 640 p.
11. Qu J., Zha M., Tian H., Shi X., Hu P. Unconformities and hydrocarbon accumulation in Beisantai area, Junggar Basin. *Xinjiang Petroleum Geology*. 2003;24(5):386–388.

Информация об авторах**Ян Хоуцянь**

Аспирант

Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова,

119234 Москва, Ленинские горы, д. 1

e-mail: yanghouqiang@qq.com

ORCID ID: 0000-0002-7854-1320

Scopus ID: 57224741287

Соболева Елена ВсеволодовнаКандидат геолого-минералогических наук,
доцентМосковский государственный университет
имени М.В. Ломоносова,

119234 Москва, Ленинские горы, д. 1

e-mail: phitan@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0002-9180-9627

Scopus ID: 57209734401

Цю Шичжэ

Аспирант

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе,

119234 Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23

e-mail: qiushizhe@qq.com

ORCID ID: 0000-0001-9892-3919

Information about authors**H. Yang**

Postgraduate student

Lomonosov

Moscow State University,

1, Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russia

e-mail: yanghouqiang@qq.com

ORCID ID: 0000-0002-7854-1320

Scopus ID: 57224741287

Elena V. SobolevaCandidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Assistant Professor

Lomonosov

Moscow State University,

1, Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russia

e-mail: phitan@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0002-9180-9627

Scopus ID: 57209734401

Sh. Qiu

Postgraduate student

Sergo Ordzhonikidze Russian State University
for Geological Prospecting,

23, ulitsa Miklouho-Maclay, Moscow, 119234, Russia

e-mail: qiushizhe@qq.com

ORCID ID: 0000-0001-9892-3919