

Осадочные фации и закономерности пространственного распространения песчаных тел нефтеносного пласта Путаохуа свиты Яоцзя Дааньского нефтяного месторождения

Чжоуцзюнь Е.¹, Цзычэн Я.¹, Гохуэй Ч.²

¹Северо-Восточный нефтяной университет, Дацин, Китай; ²Цзилиньский филиал АО «ПетроЧайна», Цзилинь, Китай
zichengyang@163.com

Аннотация

Для уточнения типов осадочных фаций и пространственного распространения песчаных тел нефтеносного пласта Путаохуа свиты Яоцзя Дааньского месторождения выполнен комплексный анализ керна, материалов ГИС и секвенс-стратиграфического сопоставления. Установлено формирование пласта в условиях мелководной дельты с преобладанием фронта дельты. Выделены подводные распределительные русла, устьевые бары, покровные пески, дистальные бары и подводные прирусловые валы.

Материалы и методы

Материалы: Фактический материал исследования включает данные детального описания керна, результаты промыслово-геофизических исследований скважин и материалы секвенс-стратиграфической корреляции разрезов Дааньского нефтяного месторождения.

Методы: В основу работы положен комплексный подход, основанный на детальном описании керна, интерпретации материалов геофизических исследований скважин (ГИС) и секвенс-стратиграфической корреляции разрезов. На основе увязки

литолого-каротажных признаков пород разработаны критерии для выделения осадочных микрофаций, что позволило реконструировать пространственный каркас резервуара Путаохуа и систематически проанализировать закономерности распространения песчаных тел.

Ключевые слова

нефтеносный пласт Путаохуа, субфация фронта дельты, седиментационные микрофации, седиментационная модель, литолого-фациальные особенности

Для цитирования

Чжоуцзюнь Е., Цзычэн Я., Гохуэй Ч. Осадочные фации и закономерности пространственного распространения песчаных тел нефтеносного пласта Путаохуа свиты Яоцзя Дааньского нефтяного месторождения // Экспозиция Нефть Газ. 2026. № 4. С. 40–46.

DOI: 10.24412/2076-6785-2026-4-40-46

Поступила в редакцию: 01.06.2026

GEOLOGY

UDC 553.98:551.8 | Original Paper

Sedimentary facies and sand body distribution of the Putaohua reservoir in the Daan Oilfield, southern Songliao Basin

Zhoujun Ye¹, Zicheng Yang¹, Guohui Chen²

¹Northeast petroleum university, Daqing, China; ²Jilin Oilfield Company "PetroChina", Jilin, China
zichengyang@163.com

Abstract

To refine sedimentary facies types and the spatial distribution of sand bodies in the Putaohua oil reservoir of the Yaojia Formation, Daan oilfield, core observations, well logging interpretation and sequence-stratigraphic correlation were integrated. The reservoir formed in a shallow-water delta, dominated by delta-front deposits. Subaqueous distributary channels, mouth bars, sheet sands, distal bars and subaqueous levees were identified.

Materials and methods

Materials: database for this study comprises detailed core descriptions, wireline log data, and sequence stratigraphic correlations from the Da'an oilfield.

Methods: This study adopts an integrated approach based on detailed core descriptions, well log interpretations, and sequence stratigraphic correlations. By calibrating multi-physical responses of lithofacies to wireline logs, criteria for sedimentary microfacies identification were established, thereby reconstructing the spatial framework of

the Putaohua reservoir and systematically analyzing the distribution characteristics of sandstone bodies.

Keywords

Putaohua oil reservoir, delta-front subfacies, sedimentary microfacies, sedimentary model, sedimentary characteristics

For citation

Zhoujun Ye, Zicheng Yang, Guohui Chen. Sedimentary facies and sand body distribution of the Putaohua reservoir in the Daan Oilfield, southern Songliao Basin. Exposition Oil Gas, 2026, issue 4, P. 40–46. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2026-4-40-46

Received: 01.06.2026

Введение

Нефтеносный пласт Путаохуа свиты Яоцзя Дааньского нефтяного месторождения расположен в южной части бассейна Сунляо и является одним из основных нефтеносных горизонтов района исследований. Разрез сложен преимущественно песчаными и алевритовыми отложениями, сформировавшимися в условиях мелководной дельты, и характеризуется благоприятной нефтеносностью и значительным потенциалом разработки [1]. По мере повышения степени выработанности месторождения все более заметным становится влияние неоднородности коллектора и пространственной изменчивости песчаных тел на распределение остаточной нефти и эффективность разработки. Поэтому детальная характеристика коллектора и прогноз песчаных тел относятся к ключевым геологическим задачам поздней стадии разработки.

Предшествующие исследования осадочных систем свиты Яоцзя в бассейне Сунляо показали широкое развитие мелководно-дельтовых комплексов в различных частях бассейна [2–4]. Интенсивность поступления обломочного материала, изменения уровня озера и различия гидродинамических условий совместно определяли формирование и распространение песчаных тел фронта дельты [5, 6]. Среди осадочных микрофаций подводные распределительные русла и устьевые бары, как правило, образуют основные коллекторские песчаные тела [7, 8]; они отличаются относительно лучшими фильтрационно-емкостными свойствами и связностью и оказывают существенное влияние на аккумуляцию углеводородов.

В последние годы значительный объем работ был посвящен эволюции осадочной системы свиты Яоцзя и особенностям формирования коллекторов. В результате сложилось достаточно четкое представление о региональной обстановке осадконакопления и условиях образования коллекторов. Вместе с тем внутреннее строение песчаных тел пласта Путаохуа на Дааньском месторождении и пространственная конфигурация

его осадочных микрофаций остаются изученными недостаточно. Требуют дальнейшего анализа сочетания песчаных тел различных типов и их роль в контроле распределения коллекторов [9]. В условиях перехода месторождения к средней и поздней стадиям разработки все отчетливее проявляются последствия коллекторской неоднородности; закономерности распределения остаточной нефти и состояние связности пласта становятся важнейшими факторами эффективности разработки. Поэтому выделение качественных песчаных тел, описание их пространственного распространения и прогноз благоприятных коллекторов являются актуальными направлениями современной промыслово-геологической интерпретации [10].

В настоящей работе комплексно использованы данные наблюдений керна, результаты интерпретации ГИС и материалы стратиграфического сопоставления. На этой основе выполнено системное исследование седиментационных признаков, типов осадочных микрофаций и закономерностей распространения песчаных тел пласта Путаохуа. Впервые для данного объекта проведен анализ распределения песчаных тел Дааньского месторождения с учетом сочетаний осадочных микрофаций, взаимного положения песчаных тел и сиквенсной эволюции; построена модель мелководно-дельтового осадконакопления, применимая к району исследований.

Региональная геологическая характеристика

Геологическая обстановка

Дааньское нефтяное месторождение расположено в северной части террасы Хунган центральной депрессионной зоны южного бассейна Сунляо. В структурном отношении оно относится к Даань-Хайтоцзыской структурной зоне и в целом представлено антиклинальной структурой северо-западного — юго-восточного простирания. С западной стороны район исследований примыкает к западной моноклинальной зоне, а с восточной — к Гулун-Дааньской впадине (рис. 1).

В пределах района широко развиты разломы, преимущественно северо-западного — юго-восточного простирания, что в целом согласуется с региональным структурным планом. Разломная активность в определенной степени повлияла на локальные условия сохранности коллекторов и на аккумуляцию углеводородов. В период осадконакопления свиты Яоцзя обломочный материал из северо-западного района Байчэн непрерывно поступал в озерный бассейн и служил основным источником сноса для формирования осадочной системы района исследований.

На раннем этапе формирования свиты Яоцзя тектоническая активность в бассейне была относительно слабой, палеорельеф характеризовался небольшой расчлененностью, а территория в целом находилась в условиях мелководного озерного бассейна. Пологий рельеф и ограниченное пространство аккумуляции способствовали широкому развитию мелководно-дельтовой системы. Непрерывное поступление обломочного материала и циклические колебания уровня озера совместно обеспечивали продвижение песчаных тел подфации фронта дельты в сторону озерного бассейна.

Климат региона в этот период в целом изменялся от влажного к полувлажному. Обусловленная климатическими изменениями перестройка гидрологических условий влияла на колебания уровня озера и процессы переноса осадочного материала, оказывая определенный контроль на формирование и эволюцию мелководно-дельтовой осадочной системы.

Стратиграфическая характеристика

Нефтеносный пласт Путаохуа преимущественно развит в первом интервале свиты Яоцзя и представляет собой ассоциацию тонкого переслаивания песчаников и аргиллитов общей мощностью около 60 м. Литологически разрез представлен главным образом серыми алевритолитами, глинистыми алевритолитами и аргиллитами. В кровле и подошве



Рис. 1. Положение района исследований и сводная стратиграфическая колонка пласта Путаохуа
Fig. 1. Location of the study area and composite stratigraphic column of the Putaohua reservoir

коллектора развиты достаточно устойчивые темноцветные аргиллиты, обладающие хорошей региональной выдержанностью и пригодные в качестве важных стратиграфических реперов.

Согласно результатам регионального стратиграфического сопоставления и расчленения осадочных циклов, пласт Путаохуа подразделяется на 3 песчаные группы и 9 малых пластов (PIII8-PI). Данный комплекс является основным нефтеносным интервалом Дааньского месторождения и одновременно важной стратиграфической основой для фациального анализа и изучения распространения песчаных тел.

Седиментационная характеристика

Литолого-петрографическая характеристика

Пласт Путаохуа сложен преимущественно буровато-серыми крупнозернистыми алевритами и мелкозернистыми песчаниками. Результаты петрографического изучения шлифов показывают, что среди каркасных зерен преобладают обломки пород, тогда как полевые шпаты и кварц занимают подчиненное положение. Высокая доля неустойчивых обломочных компонентов указывает на сравнительно небольшую дальность переноса и относительно быстрый процесс осадконакопления (рис. 2).

В коллекторах широко развиты глинистый и карбонатный цемент. Основной тип порового пространства представлен межзерновыми порами, однако часть первичных пор уменьшена вследствие цементации. Контакты зерен преимущественно точечные и линейные. Под микроскопом отмечаются в целом слабая сортировка и невысокая степень окатанности зерен, что свидетельствует об ограниченной переработке осадочного материала.

Кривые распределения вероятности гранулометрического состава показывают одновременное присутствие сальтационной и суспензионной составляющих (рис. 3). Медианный размер зерен варьирует от 0,0031

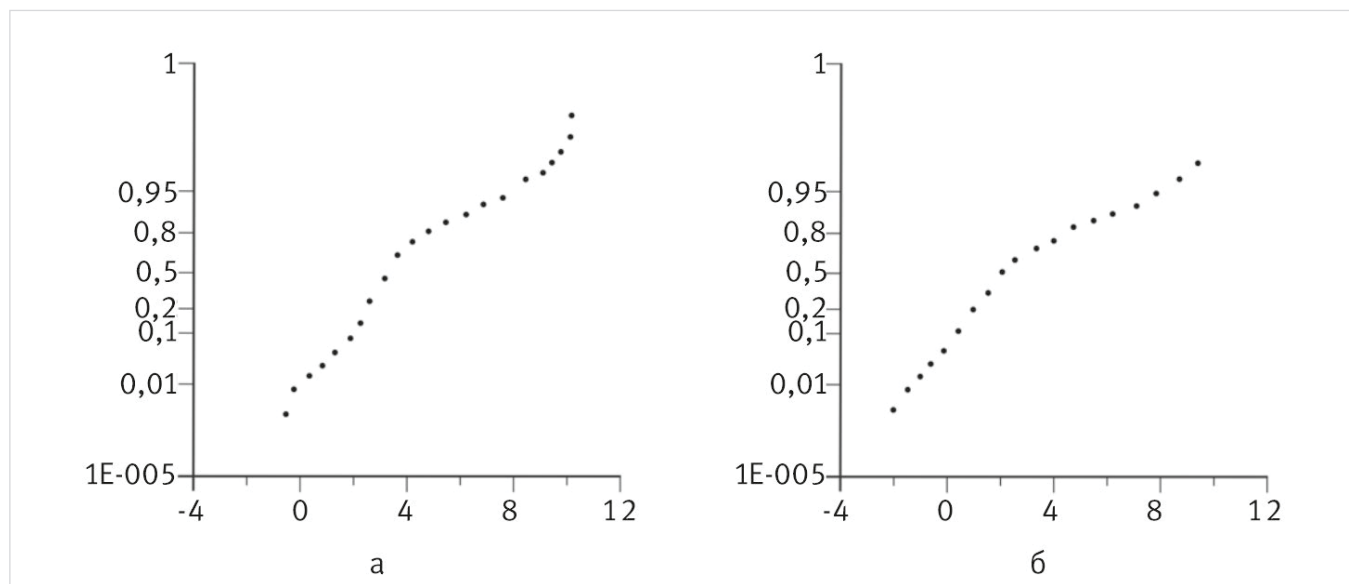


Рис. 3. Кривые вероятностного распределения гранулометрического состава пород пласта Путаохуа: а — скважина DB-10; б — скважина H75-27

Fig. 3. Grain-size cumulative probability curves of representative samples from the Putaohua reservoir: а – DB-10 well; б – H75-27 well

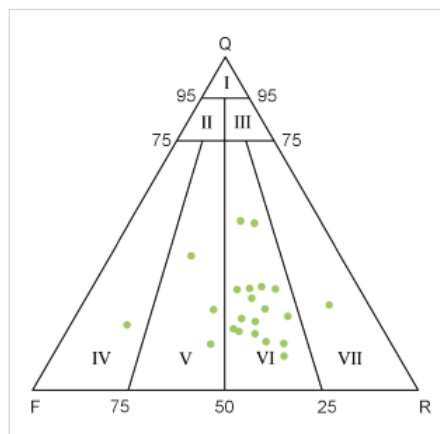


Рис. 2. Треугольная диаграмма гранулометрического состава пород пласта Путаохуа: I — кварцаренит, II — полевошпатовый кварцевый песчаник, III — литический кварцевый песчаник, IV — полевошпатовый песчаник, V — литический полевошпатовый песчаник, VI — полевошпатовый литический песчаник, VII — литический песчаник
Fig. 2. F–Q–R ternary diagram of grain-size composition for the Putaohua reservoir: I – quartzarenite, II – feldspathic quartz sandstone, III – lithic quartz sandstone, IV – feldspathic sandstone, V – lithic feldspar sandstone, VI – feldspar lithic sandstone, VII – lithic sandstone



Рис. 4. Характерные образцы ядра пласта Путаохуа
Fig. 4. Representative core characteristics of the Putaohua reservoir

Табл. 1. Классификация осадочных фаций, подфаций и микрофаций пласта Путаоухуа
Tab. 1. Classification of sedimentary facies, subfacies and microfacies of the Putaohua reservoir

Осадочная фация	Осадочная подфация	Осадочная микрофация
Мелководная дельта	Передний край дельты	Подводный дистрибутивный канал
		Междистрибутивная бухта
		Пластовый песчаник
		Приустьевой бар
		Подводный приустьевой вал
	Продельта	Дистальный бар
		Глинистый сланец продельты

до 0,0884 мм, среднее значение составляет 0,0336 мм. Повышенные значения коэффициента сортировки свидетельствуют о в целом слабых гидродинамических условиях в период осадконакопления.

Результаты рентгенодифракционного анализа свидетельствуют, что основными глинистыми минералами являются иллит, каолинит и хлорит. Эти минералы преимущественно заполняют поровое пространство или покрывают поверхность зерен и оказывают определенное влияние на фильтрационно-емкостные свойства коллектора.

Осадочные структуры и осадочные микрофации

По материалам фотографий ядра в районе исследований выделяются различные осадочные структуры: параллельная слоистость, волнистая слоистость, косая слоистость и деформационные текстуры (рис. 4). Их развитие отражает частую изменчивость гидродинамических условий в процессе осадконакопления.

Комплексный анализ ядра, ГИС и осадочных ассоциаций показывает, что пласт Путаоухуа относится к мелководно-дельтовой осадочной системе. В ее составе доминируют отложения фронта дельты, тогда как предельтовые отложения преимущественно приурочены к более удаленным участкам района исследований (табл. 1).

Наиболее важным коллекторским элементом района являются подводные распределительные русла (рис. 5). Эти отложения сложены главным образом мелкозернистыми песчаниками и алевролитами; по ядру для них характерна размытая нижняя граница, а внутри разреза часто наблюдается хорошо развитая косая слоистость. Седиментационные признаки указывают на достаточно устойчивый водный перенос и аккумуляцию при формировании русел. Соответствующие интервалы на каротажных кривых обычно имеют коробчатую или колоколообразную форму, совпадающую с положением русловых песчаных тел (рис. 6). Устьевые бары формировались в зоне замедления потока после выхода русел в озеро; литологически они представлены чередованием песчаных и глинистых прослоев, местами с косой и волнистой слоистостью. Для разреза характерно укрупнение зернистости вверх, хорошая непрерывность песчаных тел и значительная площадь распространения. Дистальные песчаные бары сложены тонкослоистыми алевролитами, глинистыми алевролитами и аргиллитами; они характеризуются мелкой зернистостью, местами сохраняют волнистую слоистость, имеют небольшую мощность и слабую выдержанность. Покровные пески и подводные приустьевые валы развиты по бортам русел и в переходной зоне фронта



Рис. 5. Характеристика микрофации подводного дистрибутивного канала по данным ГИС и ядра (скважина D49)

Fig. 5. Characteristics of the subaqueous distributary channel microfacies based on well-log and core data (well D49)



Рис. 6. Характеристика микрофации приустьевого бара по данным ГИС и ядра (скважина D26)

Fig. 6. Characteristics of the mouth-bar microfacies based on well-log and core data (well D26)



Рис. 7. Характеристика микрофации дистального бара по данным ГИС и ядра (скважина D50)

Fig. 7. Characteristics of the distal bar microfacies based on well-log and core data (well D50)

дельты, сложены преимущественно тонкозернистыми отложениями, обладают ограниченным масштабом, малой мощностью отдельных слоев и обычно более низкими коллекторскими свойствами (рис. 7).

Распределение осадочных микрофаций и эволюция осадконакопления

Межскважинные разрезы (рис. 8) и плановые схемы осадочных фаций (рис. 9) показывают, что в процессе формирования пласта Путаоуха происходили отчетливо выраженные стадии проградации и ретроградации дельты.

В нижней части разреза (PII8-PII6) предельтовые аргиллиты широко распространены на большей части района исследований. Лишь отдельные подводные распределительные русла протягиваются к центру озерного бассейна; русла между собой не сливаются, а песчаные тела сосредоточены преимущественно на северо-западе и северо-востоке. Это отражает последовательное продвижение подфации фронта дельты в бассейновом направлении.

Средняя часть разреза (PII5-PII4) соответствует периоду наиболее интенсивного развития мелководной дельты. Усиление поступления обломочного материала сопровождалось заметной активизацией русловых процессов, увеличением мощности песчаных тел и улучшением их связности. Устьевые бары, подводные распределительные русла и покровные пески получили широкое развитие, сформировав крупнейшую в пределах района зону распространения песчаных тел.

В верхней части разреза (PII3-PI) площадь фронта дельты постепенно сокращается, доля тонкозернистых отложений возрастает, а предельтовые осадки вновь распространяются в пределах района исследований. Смещение границы фациальных зон в сторону источника сноса указывает на повышение уровня озера и переход дельтовой системы к стадии ретроградации.

Построенная с учетом распространения осадочных фаций модель показывает, что основное поступление осадочного материала происходило с северо-запада, при наличии вторичного питания с северо-востока. Интенсивность источника сноса и изменения уровня озера совместно контролировали геометрию песчаных тел и закономерности их пространственного распределения.

Обсуждение

Контроль источника сноса над распространением песчаных тел

Песчаные тела района исследований в целом вытянуты в северо-западном – юго-восточном направлении, что соответствует положению Байчэнской области сноса. Песчаные тела подводных распределительных русел и устьевых баров преимущественно развиты вдоль направления переноса осадочного материала; это показывает, что поступление обломочного материала является важным фактором, контролирующим геометрию песчаных тел. При усилении питания увеличивается масштаб русел, а мощность и связность песчаных тел заметно возрастают. Данная закономерность хорошо согласуется с признаками мелководно-дельтового осадконакопления свиты Яоцзя в бассейне Сунляо.

Влияние колебаний уровня озера на эволюцию осадконакопления

Отдельные интервалы разреза различаются по составу осадочных фаций и характеру распространения песчаных тел; их формирование тесно связано с подъемами и падениями уровня озера. В период PII8-PII6 площадь отложений фронта дельты была значительной, а подводные распределительные русла продвигались к центру озерного бассейна, что отражает устойчивую проградацию осадочной системы. К периоду PII3-PI количество предельтовых глинистых отложений постепенно увеличилось, площадь фронта дельты соответственно сократилась, а граница

фациальных зон сместилась к области сноса. Анализ результатов сиквенс-стратиграфического сопоставления позволяет считать колебания уровня озера одним из важнейших факторов, контролирующих эволюцию осадочной системы: они определяли не только перестройку фациальных зон, но и пространственную организацию песчаных тел.

Закономерности развития благоприятных коллекторов и их прогнозное значение

Степень развития коллектора различается в зависимости от осадочной микрофации. Анализ керна и распространения песчаных тел показывает, что песчаные тела подводных распределительных русел и устьевых баров имеют относительно большую мощность и лучшую латеральную выдержанность, поэтому занимают ключевое положение в коллекторской системе района исследований. По сравнению с покровными песками и дистальными барами эти песчаные тела более устойчивы в разрезе и по площади. В зонах многоэтапного наложения русел и сосредоточенного развития устьевых баров часто наблюдается увеличение суммарной мощности песчаных тел; локально здесь могут формироваться крупные коллекторские тела. Сопоставление с плановым распространением показывает определенное соответствие этих участков зонам повышенной нефтенасыщенности, что имеет практическое значение для последующей оценки коллекторов и разработки месторождения.

Итоги

Пласт Путаоуха Дааньского месторождения сформировался в условиях мелководной дельты. В разрезе преобладают отложения фронта дельты, тогда как предельтовые фации занимают подчиненное положение и характерны главным образом для более удаленных участков.

Основные коллекторские песчаные тела связаны с подводными распределительными

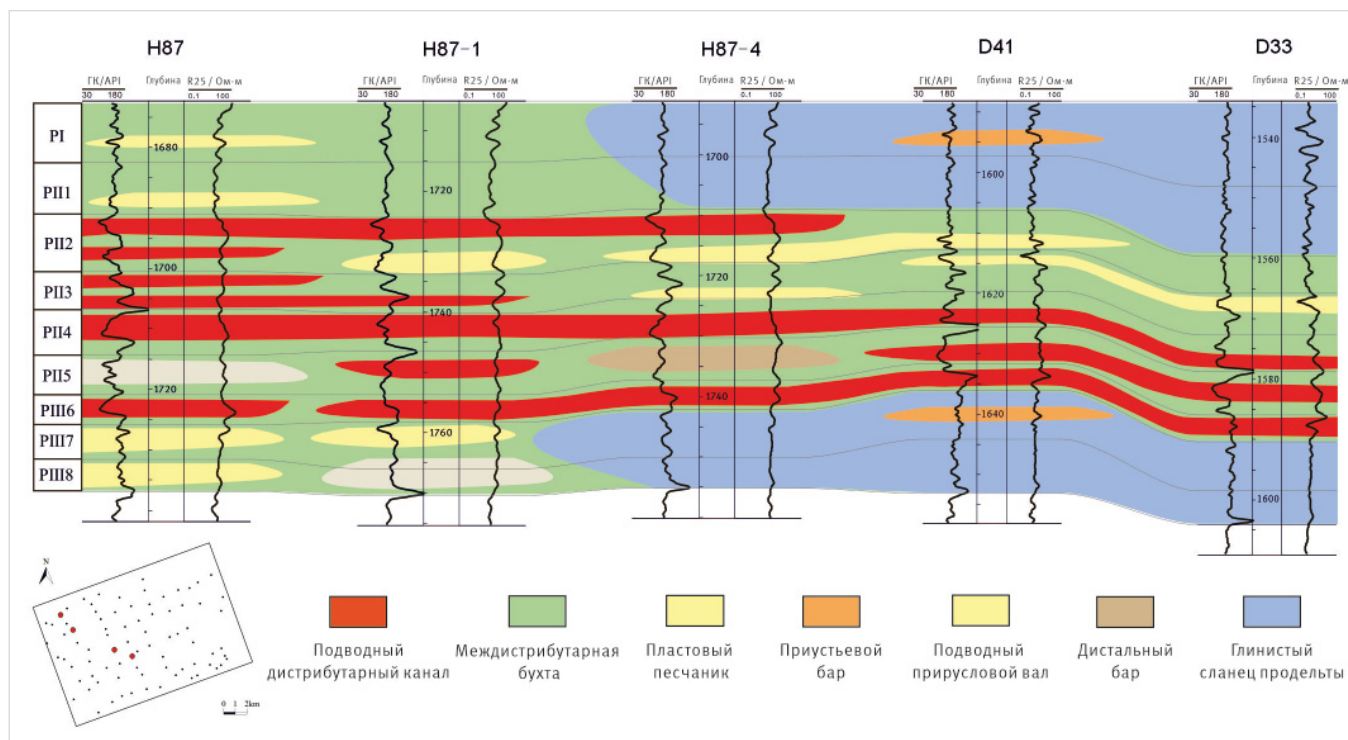


Рис. 8. Профиль корреляции осадочных микрофаций пласта Путаоуха
Fig. 8. Sedimentary microfacies correlation profile of the Putaohua reservoir

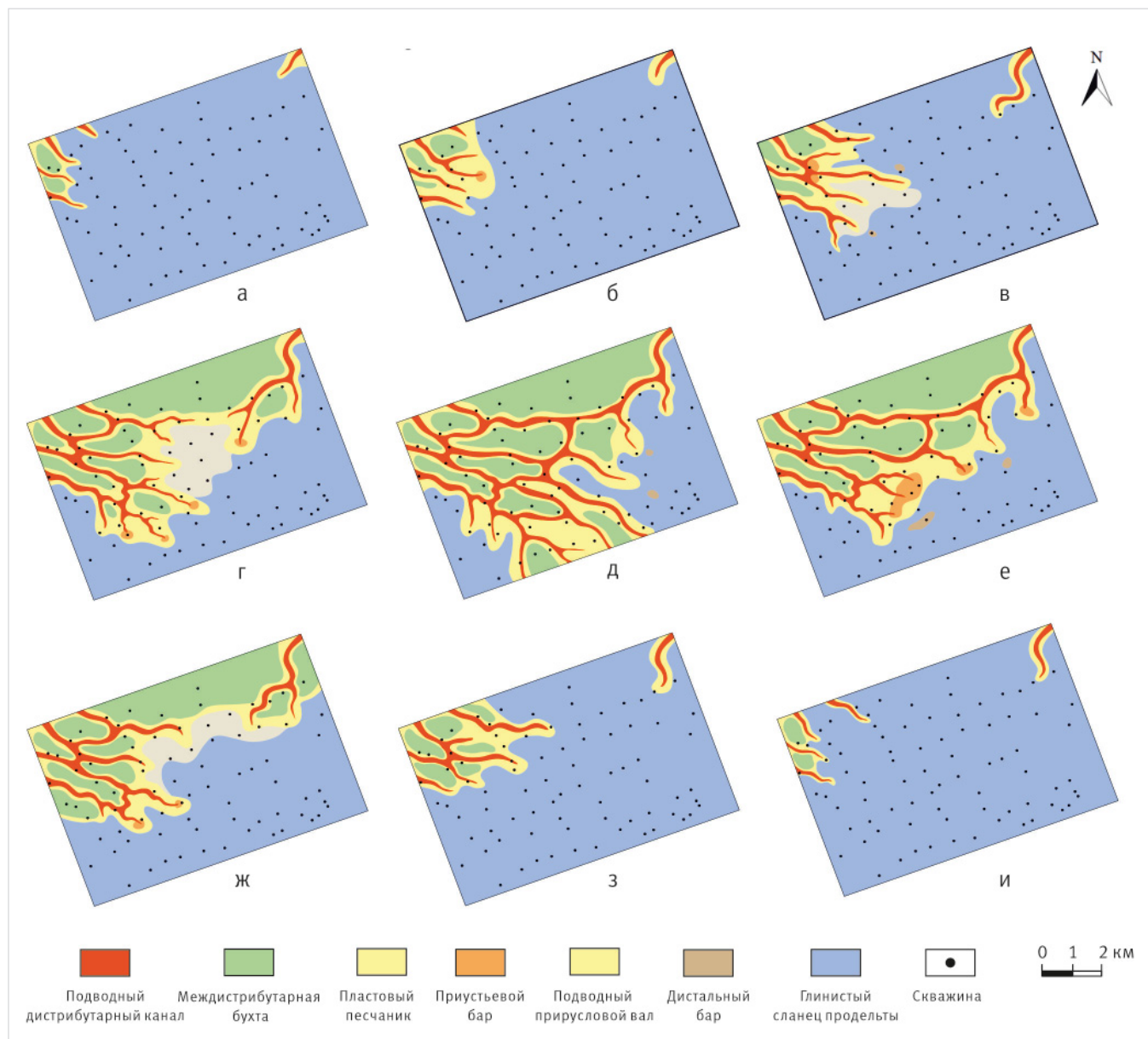


Рис. 9. Карты распределения осадочных микрофаций пласта Путаохуа по отдельным слоям:

а — PI; б — PII1; в — PII2; г — PII3; д — PII4; е — PII5; ж — PII6; з — PII7; и — PII8

Fig. 9. Sedimentary microfacies distribution maps of individual layers in the Putaohua reservoir:

а — PI; б — PII1; в — PII2; г — PII3; д — PII4; е — PII5; ж — PII6; з — PII7; и — PII8

руслами и устьевыми барами. Их развитие контролировалось интенсивностью поступления обломочного материала, особенностями палеорельефа и колебаниями уровня озера.

Выводы

- Нефтеносный пласт Путаохуа Дааньского месторождения преимущественно сформировался в мелководно-дельтовой обстановке. Основную роль играли отложения подфации фронта дельты; предельтовые отложения имели второстепенное значение. Главный источник обломочного материала находился к северо-западу от района исследований.
- В пределах района выделены подводные распределительные русла, устьевые бары, покровные пески, дистальные песчаные бары и подводные приустьевые валы. Подводные распределительные русла и устьевые бары являются основными типами коллекторских песчаных тел.
- Песчаные тела разных микрофаций различаются по масштабу, выдержанности

и пространственным сочетаниям. Подводные распределительные русла обычно характеризуются большей мощностью и лучшими условиями связности, тогда как устьевые бары демонстрируют более устойчивое латеральное распространение. В совокупности они образуют главные элементы развития коллекторов района исследований.

- Распределение песчаных тел тесно связано с направлением поступления обломочного материала, палеогеоморфологическим фоном и колебаниями уровня озера. Северо-западный источник сноса оказал существенное влияние на общий рисунок распространения песчаных тел, а подъемы и падения уровня озера определяли перестройку фациальных зон и пространственную конфигурацию коллекторов.
- Построенная по результатам фациального анализа модель мелководной дельты системно отражает особенности формирования и эволюции осадочной системы пласта Путаохуа. Полученные

представления могут быть использованы при прогнозе коллекторов, изучении распределения остаточной нефти и корректировке последующих проектных решений по разработке месторождения.

Литература

1. Liu B, Liu L, Fu J, Lin T, He J, Liu X, Liu Y, Fu X. The Songliao Super Basin in northeastern China. AAPG Bulletin, 2023, Vol. 107, issue 8, P. 1257–1297. (In Eng).
2. Zhu X.M., Liu Y., Fang Q., Li Y., Liu Y.Y., Wang R., Liu X.N. Formation conditions and sedimentary model of shallow-water deltas in large lacustrine basins: a case study of Fuyu oil layer in Sanzhao Sag, Songliao Basin. Earth Science Frontiers, 2012, Vol. 19, issue1, P. 89–99. (In Chinese).
3. Zhu X.M., Zhao D.N., Zeng H.L. et al. Sedimentary characteristics and seismic sedimentologic responses of shallow-water delta of Qingshankou formation in Qijia Area, Songliao Basin. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, Vol. 31, issue 5, P. 889–897.

- (In Chinese).
4. Yuan X.J., Zhou H.Y., Zhang Z.J. et al. Depositional features and growth pattern of large shallow-water deltas in depression basin. *Lithologic Reservoirs*, 2021, Vol. 33, issue 1, P. 1–11. (In Chinese).
 5. Liu Z.B., Li X., Zheng R.H. et al. Sedimentary characteristics and model of shallow-water delta front subfacies reservoirs: a case study of SaPuGao oil layer in north-II block of Sabei oilfield, Daqing placanticline. *Lithologic Reservoirs*, 2022, Vol. 34, issue 1, P. 1–13. (In Chinese).
 6. Мельничук О.Ю. Среднеуральский восточный позднедевонский дельтовый комплекс // Вестник Пермского университета. Геология. 2018. Т. 17. № 1. С. 18–32.
 7. Верещагин А.П., Эльмер В.Б., Соловьев А.Г. Литологические и седиментационные характеристики разреза палеозойского осадочного комплекса в зоне Западно-Северного нефтяного месторождения (по данным бурения) // PRONEFT. 2022. Т. 7. № 4. С. 14–27.
 8. Meazell P.K., Flemings P.B., Santra M., Johnson J.E. Sedimentology and stratigraphy of a deep-water gas hydrate reservoir in the northern Gulf of Mexico. *AAPG Bulletin*, 2020, Vol. 104, issue 9, P. 1945–1969. (In Eng).
 9. Zhou N., Lu J., Lu S., Zhang P., Wang M., Lin Z., Jiang X., Liu Y., Xiao G. Depositional and diagenetic controls over reservoir quality of tight sandstone and conglomerate in the Lower Cretaceous Shahezi Formation, Xujiaweizi fault depression, Songliao basin, China. *Marine and Petroleum Geology*, 2023, Vol. 155, P. 106374. (In Eng).
 10. Петрук А.С., Родионова И.И., Мухаметов А.Р., Галеев Э.Р., Искевич И.Г., Фазылов Д.С., Мумбер П.С. Опыт моделирования конусов выноса на примере низкопроницаемого участка Приобского месторождения // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 3. С. 18–20.

ENGLISH

Results

The Putaohua oil reservoir of the Daan oilfield formed in a shallow-water deltaic environment. Delta-front deposits dominate the section, whereas prodelta facies are subordinate and occur mainly in more distal parts of the study area.

The principal reservoir sand bodies are associated with subaqueous distributary channels and mouth bars. Their development was controlled by sediment supply intensity, paleogeomorphology and lake-level fluctuations.

Conclusions

- The Putaohua oil reservoir of the Daan oilfield mainly formed in a shallow-water deltaic setting. Delta-front deposits dominate, while prodelta deposits are secondary. The main sediment source was located northwest of the study area.
- Subaqueous distributary channels, mouth bars, sheet sands, distal sand bars and subaqueous levees were identified. Subaqueous

distributary channels and mouth bars constitute the main reservoir sand-body types.

- Sand bodies of different microfacies vary in scale, continuity and spatial association. Subaqueous distributary channels usually have greater thickness and better connectivity, whereas mouth bars show more stable lateral persistence. Together they form the principal reservoir-development units in the study area.
- The distribution of sand bodies is closely related to sediment-supply direction, paleogeomorphology and lake-level fluctuations. Sediment input from the northwest strongly influenced the distribution pattern of sand bodies, while lake-level changes controlled facies-belt adjustment and reservoir configuration.
- The shallow-water delta model established from sedimentary-facies analysis systematically reflects the development and evolution of the Putaohua reservoir depositional system. The results provide a basis for reservoir prediction, residual-oil distribution analysis and subsequent development-plan adjustment.

References

1. Liu B., Liu L., Fu J., Lin T., He J., Liu X., Liu Y., Fu X. The Songliao Super Basin in northeastern China. *AAPG Bulletin*, 2023, Vol. 107, issue 8, P. 1257–1297. (In Eng).
2. Zhu X.M., Liu Y., Fang Q., Li Y., Liu Y.Y., Wang R., Liu X.N. Formation conditions and sedimentary model of shallow-water deltas in large lacustrine basins: a case study of Fuyu oil layer in Sanzhao Sag, Songliao Basin. *Earth Science Frontiers*, 2012, Vol. 19, issue 1, P. 89–99. (In Chinese).
3. Zhu X.M., Zhao D.N., Zeng H.L. et al. Sedimentary characteristics and seismic sedimentologic responses of shallow-water delta of Qingshankou formation in Qijia Area, Songliao Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2013, Vol. 31, issue 5, P. 889–897. (In Chinese).
4. Yuan X.J., Zhou H.Y., Zhang Z.J. et al. Depositional features and growth pattern of large shallow-water deltas in depression basin. *Lithologic Reservoirs*, 2021, Vol. 33, issue 1, P. 1–11. (In Chinese).
5. Liu Z.B., Li X., Zheng R.H. et al. Sedimentary characteristics and model of shallow-water delta front subfacies reservoirs: a case study of SaPuGao oil layer in north-II block of Sabei oilfield, Daqing placanticline. *Lithologic Reservoirs*, 2022, Vol. 34, issue 1, P. 1–13. (In Chinese).
6. Melnichuk O.Yu. Late devonian deltaic system in the East of the Middle Urals. *Bulletin of Perm University. Geology*, 2018, Vol. 17, issue 1, P. 18–32. (In Russ).
7. Vilesov A.P., Ershova V.B., Solovyeva A.D. Lithological and sedimentological characteristics of the Paleozoic of the West Taimyr potential oil and gas bearing area (according to drilling data). *PRONEFT. Professionally about Oil*. 2022, Vol. 7, issue 4, P. 14–27. (In Russ).
8. Meazell P.K., Flemings P.B., Santra M., Johnson J.E. Sedimentology and stratigraphy of a deep-water gas hydrate reservoir in the northern Gulf of Mexico. *AAPG Bulletin*, 2020, Vol. 104, issue 9, P. 1945–1969. (In Eng).
9. Zhou N., Lu J., Lu S., Zhang P., Wang M., Lin Z., Jiang X., Liu Y., Xiao G. Depositional and diagenetic controls over reservoir quality of tight sandstone and conglomerate in the Lower Cretaceous Shahezi Formation, Xujiaweizi fault depression, Songliao basin, China. *Marine and Petroleum Geology*, 2023, Vol. 155, P. 106374. (In Eng).
10. Petruk A.C., Rodionova I.I., Mukhametov A.R., Galeev E.R., Iskevich I.G., Fazylov D.S., Mummer P.S. Modeling experience of low-permeability reservoirs: the case of license block of the Priobskoe field. *Exposition Oil Gas*, 2022, issue 3, P. 18–20. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Чжоуцзюнь Е. (Zhoujun Ye), магистрант, факультет наук о земле, Государственная ключевая лаборатория континентальной сланцевой нефти, Северо-Восточный нефтяной университет, Дацин, Китай
Для контактов: zichengyang@163.com

Цзычэн Ян (Zicheng Yang), профессор, Институт нетрадиционной нефти и газа, Северо-Восточный нефтяной университет, Дацин, Китай

Гохуэй Чэнь (Guohui Chen), заместитель начальника геологического отдела Нефтепромысла «Хунган», Цзилиньского филиала АО «ПетроЧайна», Цзилинь, Китай

Zhoujun Ye, Master student, school of earth sciences, State Key Laboratory of Continental Shale Oil, Northeast Petroleum University, Daqing, China
Corresponding author: zichengyang@163.com

Zicheng Yang, professor, Institute of Unconventional Oil and Gas, Northeast Petroleum University, Daqing, China

Guohui Chen, Deputy Director of the Geological Institute, Honggang Oil Production Plant, Jilin Oilfield Company “PetroChina”, Jilin, China