

2. Нерпин С. В., Чудновский А. Ф. Физика почвы. М., 1967. 245 с.

3. Никитин И. С., Королев Н. П. Способ расчета температурного режима осушенных торфяных почв. В кн.: Современные проблемы мелиорации и пути их решения. Тр. ВНИИГиМ. М., 1974. С. 60-65.

Вадим Михайлович АЛЕКСАНДРОВ —
зам. директора департамента
разработки ОАО «СибНИИНП»,
к. геол.-мин. н.

Владимир Владимирович МАЗАЕВ —
зав. отделом ОАО «СибНИИНП»,
к. т. н.

УДК 553.981/982.2:001.57

ПАЛЕОФАЦИАЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА ЮС₁¹ ФАИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

АННОТАЦИЯ. В ходе проведенных геолого-промысловых и палеогеографических исследований построена литолого-седиментационная модель осадочных отложений пласта ЮС₁¹ Фаинского нефтяного месторождения. Выполнено детальное литологическое изучение пород продуктивного резервуара с целью уточнения их фациальной принадлежности. Произведено районирование изучаемой территории на основе идентификации выделенных палеофациальных зон.

The lithologic and sedimentational model of the JS₁¹ formation sedimentary deposits of Fainsk oil field has been built in the course of geologic field and paleographic research. There has been held a thorough lithologic study of the productive reservoir rocks to specify their facies character. The territory under study has been divided into districts, the division being based on the identification of the marked paleofacies zones.

Геологическая неоднородность терригенных отложений и формирование их палеофациальной зональности в первую очередь определяются условиями осадконакопления. Проблемами изучения фаций и условий их формирования занимался широкий круг специалистов: Nanz R. H. (1954), Чернышев Н. Н. (1958), Busch D. A. (1959), Рухин Л. Б. (1961), Sabins F. F. (1963), Visher G. C. (1965 - 1971), Berg R.R., Davies D. K. (1968), Pirson S. J. (1970), Shelton J. W. (1972), Муромцев В. С., Петрова Р. К. (1973-1984), Selley R. C. (1974-1985), Serra O., Sulpice L., (1975), Walmsley P. J. (1975), Conybeare C. E. B. (1976), Чернова Л. С. (1976-1984), Rider M. N., Laurier D. (1979), Serra O., Abbot H. T. (1980), Акрамходжаев А. М., Бабадаглы В. А., Джумагулов А. Д. (1986), Reading H. G. (1990), Изотова Т. С., Денисов С. Б., Вендельштейн Б. Ю. (1993), Шилов Г. Я., Джафаров И. С. (2001) и др. Проведенные исследования показали, что условия накопления осадков определяют различные морфологические характеристики осадочных отложений, знание которых позволяет прогнозировать распространение зон пород-коллекторов, перспективных для поисков углеводородов. При этом

для успешного поиска ловушек в общем комплексе геологических исследований существенная роль отводится палеогеографическому методу.

Объектом исследований настоящей работы являются продуктивные породы-коллекторы горизонта ЮС₁, приуроченные к верхам васюганской свиты (J₃ с-о) Фаинского нефтяного месторождения. Васюганская свита представляет собой трансгрессивно-регрессивный комплекс осадочных отложений и условно подразделяется на две подсвиты: нижневасюганскую (существенно глинистую) и верхневасюганскую, включающую песчаники продуктивного пласта ЮС₁¹.

Для уточнения геологического строения верхнеюрских отложений и установления генезиса пород-коллекторов пласта ЮС₁¹ были выполнены палеотектонические построения и проведен палеофациальный анализ.

Для расчленения и корреляции разрезов продуктивных отложений по материалам промыслово-геофизических исследований скважин (ГИС) и сейсмическим данным были выделены следующие региональные реперы — слои, соответствующие крупным региональным перерывам в осадкообразовании:

- пачка сидеритовых оолитовых пород, залегающих в подошве васюганской свиты (отражающий сейсмогоризонт «Т»);
- толща аргиллитов георгиевской и баженовской свит (отражающий сейсмогоризонт «Б»).

Выбор данных опорных горизонтов обусловлен их хорошей коррелируемостью по площади и разрезу месторождения, что подтверждается сейсмическими данными и материалами ГИС.

Для идентификации в осадочном разрезе локальных реперов использовался расширенный комплекс ГИС, включающий радиоактивные методы, боковое зондирование, кавернометрию и другие виды каротажа.

Все специальные геологические исследования осуществлялись путем комплексирования метода палеореконокструкций Н. И. Марковского (1981), «электрометрического» метода (метода идентификации фаций по форме кривых ПС — так называемых «электрофаций») Р. Н. Nanz (1954) и В. С. Муромцева (1984), метода фациального моделирования Л. С. Черновой (1976-1988), методики фациально-циклических исследований (литолого-фациального анализа) Л. Н. Ботвинкиной, Ю. А. Жемчужникова, П. П. Тимофеева (1956-1969).

Выделение конкретных палеофациальных зон было проведено на основе детальной корреляции разрезов скважин с использованием данных ГИС, материалов интерпретации сейсморазведочных работ, визуального описания и лабораторных исследований кернa, результатов испытаний геологических объектов.

Обоснование геологической модели горизонта ЮС₁ на основе метода палеореконокструкций

С использованием вышеуказанного комплекса методов были изучены отложения продуктивного пласта ЮС₁¹ васюганской свиты, содержащие основные запасы углеводородного сырья Фаинского месторождения.

На первом этапе настоящей работы было установлено гипсометрическое положение суши, моря и источников сноса обломочного материала в рассматриваемое геологическое время, что является необходимым условием при региональном масштабе исследований, и проведена реконструкция палеорельефа дна бассейна седиментации в пределах изучаемой территории. Следует

отметить, что процессы осадконакопления определяются рядом причин, при этом палеорельеф дна оказывает основное влияние.

Восстановление палеорельефа проводили с помощью метода реконструкции «репер сверху» по отношению к подошве конкретного пласта, при котором анализировали мощности отложений, перекрывающих палеоплан от опорного (реперного) пласта. Таким образом картируется поверхность палеорельефа на начало формирования изучаемого пласта.

В качестве базовой реперной поверхности была выбрана кровля баженновской свиты (принята при расчетах в качестве условного «нуля»). При этом учитывалось ее региональное распространение, стратиграфическая обоснованность, устойчивость литологической характеристики и расположение по вертикали не более чем на 60—80 м от исследуемой поверхности (по Н. И. Марковскому).

При этом глубина дна палеобассейна осадконакопления на конец баженновского времени в пределах разбуренной части Фаинского месторождения может быть определена следующим выражением

$$\Delta H = H_n^{10} - H_B,$$

где H_n^{10} — абсолютная отметка (а.о.) подошвы нижнего прослоя пород-коллекторов исследуемого пласта; H_B — а.о. стратиграфической кровли баженновской свиты.

Принято считать, что при формировании мощной глинистой толщи происходит заравнивание неровностей палеорельефа дна, а поверхность незатвердевшего осадка параллельна урезу воды в бассейне седиментации.

Для установления поверхности палеорельефа дна (основания) пласта в пределах слабоизученной части исследуемой территории в качестве априорной информации использовалась карта по отражающему сейсмическому горизонту «Б». Дополнительно учитывались региональные закономерности геологического строения изучаемой верхнеюрской осадочной толщи с привлечением геолого-геофизической информации по соседним площадям. Таким образом, была проведена реконструкция палеоплана дна бассейна седиментации пласта ЮС₁¹ на конец баженновского времени (рис. 1).

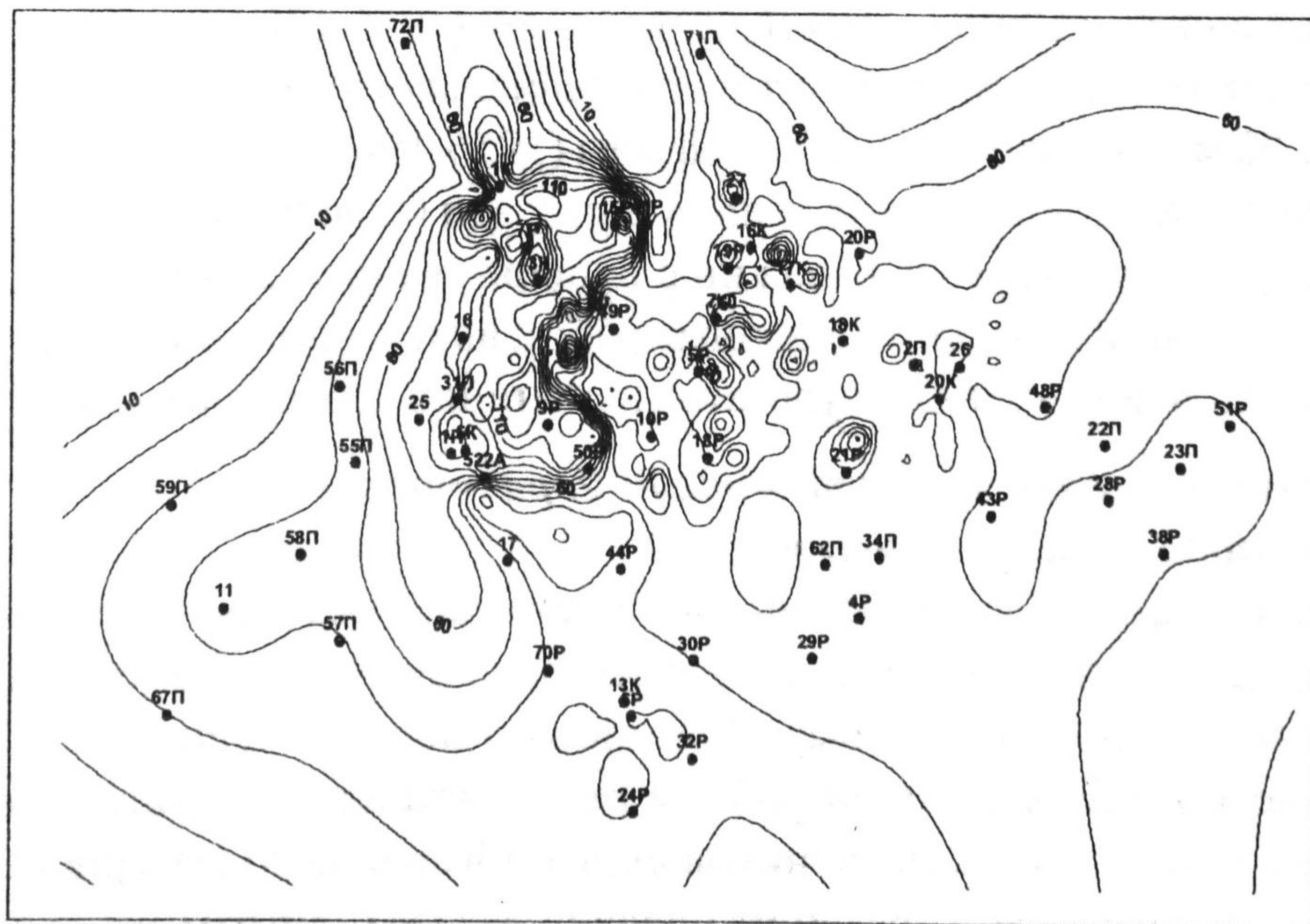


Рис. 1. Карта палеорельефа дна бассейна седиментации пласта ЮС₁¹ на конец баженновского времени

Проведенный палеотектонический анализ показал, что накопление осадков происходило в мелководно-морских условиях при стационарном уровне морского палеобассейна. Рельеф палеодна представлен малоамплитудными растущими и порой размывающимися поднятиями, валами, склонами, прогибами и впадинами. Слабодифференцированный рельеф дна бассейна седиментации был сnivelирован предыдущей трансгрессией за счет накопления глинистых отложений нижневасюганской подсвиты.

Построение палеофациальной модели отложений продуктивного пласта ЮС₁¹ васюганской свиты

На следующем этапе исследований палеоплан пласта ЮС₁¹ был проанализирован совместно с кривыми ПС и ГК в соответствии с методикой В.С. Муромцева (1984) с привлечением данных по керну. Это позволило диагностировать генетические модели «электрофаций» по площади месторождения, произвести диагностику палеофациальных зон на уровне пласта и выявить приуроченность их к отдельным структурным элементам на всей изучаемой территории.

Детальный анализ реконструированного палеоплана дна бассейна осадконакопления позволил установить наличие нескольких зон седиментации, расположенных субмеридионально друг к другу. Их разделяет центральный участок, который тяготеет к пониженным частям палеорельефа, оконтуривающимся изопахитой 70 м и более. Таким образом, была выделена своеобразная граница смены палеофациальных зон в районе данной изопахиты.

Выравнивание унаследованных форм палеорельефа дна бассейна седиментации привело к накоплению относительно выдержанных по разрезу и латерали терригенных осадков. На слабовыраженных положительных формах рельефа дна в условиях стабильного режима седиментации и слабой гидродинамической активности вод на малоамплитудных подводных поднятиях и структурных носгах (5-15 м) происходила механическая дифференциация осадков и накопление преимущественно алевро-песчано-глинистых отложений пласта ЮС₁¹. В сводовых частях подводных палеоподнятий благоприятные условия седиментации существовали для алевро-песчаных осадков. Размывание поднятий и склонов растущих структур в процессе деятельности подводных течений и волн привело к переотложению в более погруженных частях опесчаненных отложений. Часть обломочного материала, поступавшего с региональных и местных источников сноса, осаждалась в пределах пониженных форм палеорельефа или на слабовсхолмленных участках.

По результатам палеофациального анализа отложений пласта ЮС₁¹ выделено несколько самостоятельных литофациальных зон, характеризующихся своими фильтрационно-емкостными свойствами и геолого-статистическими разрезами: 1) зона развития осадков вдольбереговых и разрывных течений; 2) зона развития пляжевых отложений; 3) зона развития отложений забаровых палеолагун и застойных зон; 4) зона развития осадков вдольбереговых баров; 5) зона развития отложений сублиторальной зоны (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Характеристика фильтрационно-емкостных свойств и начальной нефтенасыщенности пород в пределах выделенных палеофациальных зон (по данным ГИС)

Тип осадочных образований	Наименование	Проницаемость, $\cdot 10^{-3}$ мкм ²	Пористость, %	Начальная нефтенасыщенность, %
Отложения вдольбереговых и разрывных течений	Количество скважин	155	155	108
	Количество определений	2011	2011	1407
	Среднее значение	41,2	16,4	58,2
	Коэффициент вариации	1,38	0,11	0,24
	Интервал изменения	0,76 – 182,9	12,7 – 19,2	21,0 – 84,2
Вдольбереговые баровые постройки	Количество скважин	34	34	24
	Количество определений	349	349	244
	Среднее значение	42,8	16,2	56,3
	Коэффициент вариации	1,46	0,12	0,35
	Интервал изменения	0,79 – 182,9	12,7 – 19,2	19,9 – 71,2
Образования пляжей	Количество скважин	130	130	91
	Количество определений	1269	1269	871
	Среднее значение	38,4	16,1	51,8
	Коэффициент вариации	1,58	0,1	0,37
	Интервал изменения	0,76 – 182,9	12,7 – 19,2	16,4 – 80,1
Сублиторальная зона	Количество скважин	322	322	228
	Количество определений	3320	3320	2300
	Среднее значение	38,5	15,9	49,4
	Коэффициент вариации	1,59	0,13	0,3
	Интервал изменения	0,76 – 182,9	12,7 – 19,2	14,0 – 77,7
Образования палеолагуна и застойных зон	Количество скважин	38	38	26
	Количество определений	243	243	167
	Среднее значение	12,4	14,6	45,2
	Коэффициент вариации	2,87	0,11	0,38
	Интервал изменения	0,76 – 182,9	12,7 – 19,2	12,3 – 60,0

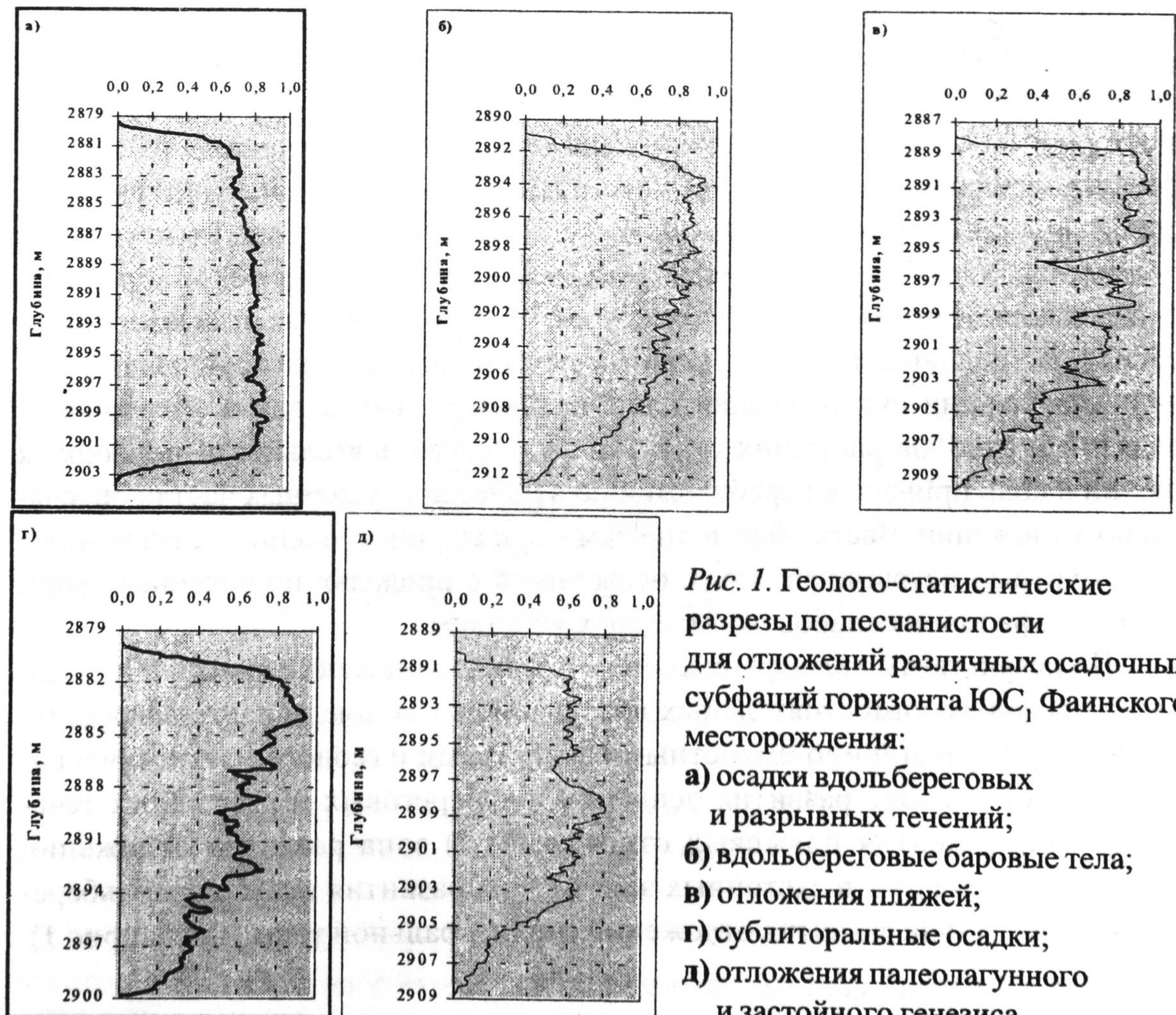


Рис. 1. Геолого-статистические разрезы по песчаности для отложений различных осадочных субфаций горизонта ЮС₁ Фаинского месторождения:

- а) осадки вдольбереговых и разрывных течений;
- б) вдольбереговые баровые тела;
- в) отложения пляжей;
- г) сублиторальные осадки;
- д) отложения палеолагуна и застойного генезиса.

Схема распространения данных палеофациальных зон в пределах месторождения представлена на рис. 2. Наибольшую площадь занимают отложения сублиторальной зоны, вскрытые 322 скважинами.

Отложения различных палеофациальных зон различаются также технологическими показателями разработки. Дебиты нефти изменяются от 9,1 (для баровых построек) до 32,7 т/сут (для отложений вдольбереговых и разрывных течений), а дебиты жидкости — от 35,5 (для лагунных осадков) до 79,9 т/сут (для отложений вдольбереговых и разрывных течений). Приемистость нагнетательных скважин изменяется от 96,3 (для осадков сублиторальной зоны) до 197,0 м³/сут (для отложений вдольбереговых и разрывных течений).

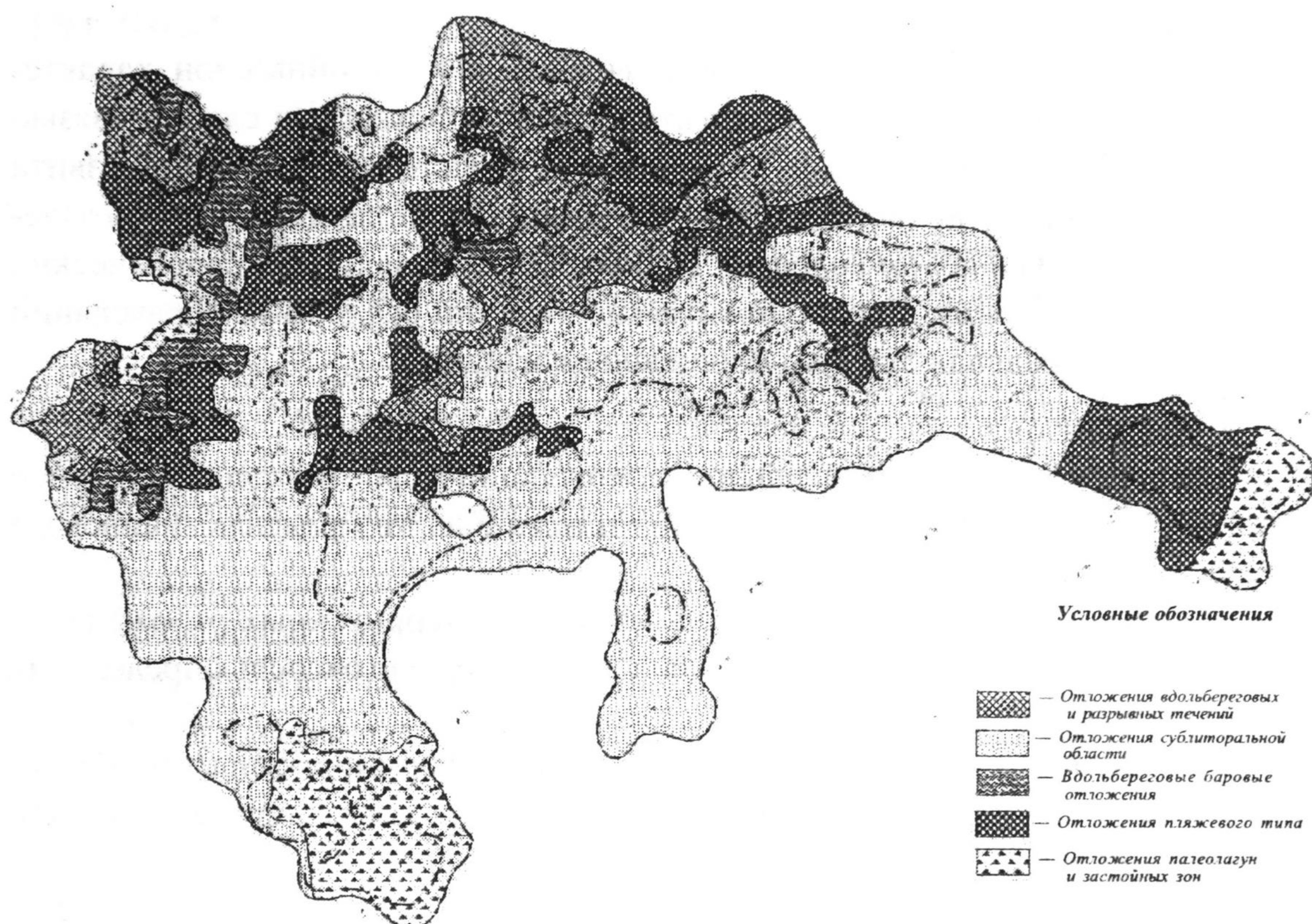


Рис. 2. Карта распространения отложений осадочных субфаций в пределах территории Фаинского лицензионного участка (Западно-Фаинская площадь на карте не представлена).

Опережающими темпами разрабатываются отложения вдольбереговых и разрывных течений и седименты пляжевого типа, для которых характерны однородный тип разреза и улучшенные фильтрационно-емкостные свойства. Для этих отложений текущий коэффициент извлечения нефти (КИН) превышает 0,2. Отложения сублиторальной зоны вырабатываются значительно медленнее — текущий КИН не превышает 0,089 (для разрабатываемой зоны — 0,162). Промежуточное положение занимают палеолагунные отложения, для которых величина текущего КИН составляет 0,104. Высокими значениями текущего КИН также характеризуются баровые отложения, что объясняется более благоприятными геолого-геофизическими и фильтрационно-емкостными характеристиками этой палеофациальной зоны.

Сопоставление геолого-физических параметров и особенностей разработки объекта ЮС₁¹ позволяет объединить рассматриваемые палеофациальные зоны в три укрупненные геологические палеофациальные группы:

1) зона развития отложений вдольбереговых и разрывных течений, характеризующихся хорошими коллекторскими свойствами по вертикали, но слабой гидродинамической связью по латерали. Они имеют максимальные значения КИН для данного геобъекта (0,241-0,243). Данная зона развита в пределах всей северной и северо-западной части основной залежи (Асомкинская площадь) и содержит 20,8 % начальных геологических запасов месторождения;

2) осадки сублиторальной зоны, характеризующиеся низкими коллекторскими свойствами по вертикали, но хорошей гидродинамической связью между скважинами по латерали. Эта область занимает восточную часть основной залежи (Средне-Асомкинская площадь) и содержит 45,0% начальных геологических запасов месторождения;

3) отложения субфации забаровых палеолагунов и застойных зон, характеризующиеся наиболее низкими коллекторскими свойствами и слабой связью между прослоями песчаников по латерали. Эта область спорадически развита в центральной и южной частях (Южно-Асомкинская площадь) основной залежи. Эти отложения в целом содержат не более 2,3 % начальных геологических запасов месторождения. Предположительно этот тип осадочных образований развит также в пределах Западно-Фаинской площади.

Выводы

1) Впервые проведено детальное палеотектоническое и палеофациальное районирование продуктивных отложений пласта ЮС₁¹ в пределах Фаинского лицензионного участка.

2) Геологическая неоднородность изучаемых терригенных отложений и формирование их палеофациальной зональности в первую очередь определяются условиями осадконакопления.

3) Установлено, что верхнеюрские отложения сформировались в прибрежно-морских условиях и характеризуются значительной неоднородностью как по разрезу, так и по латерали.

4) Фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов в пределах верхнеюрского осадочного комплекса распределены крайне неравномерно, что обусловлено мозаичным развитием палеофациальных зон по площади месторождения.

5) Характер и степень выработки запасов нефти различных палеофациальных зон определяются их литологическими и текстурно-структурными особенностями.

6) На основании палеофациального моделирования продуктивных отложений пласта ЮС₁¹ сформулированы основные рекомендации по дальнейшей разработке Фаинского месторождения.

7) Рекомендовано провести анализ геолого-технических мероприятий с учетом фациальной принадлежности опытного участка проведения работ.