

Муромцев В. С. Электрометрическая геология песчаных тел—литологических ловушек нефти и газа.—Л.: Недра, 1984.—260 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. нефт. науч.-исслед. геол. развед. ин-т)

В книге разработаны теоретические и методические положения проведения локального прогноза песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа. Установлены электрометрические модели пород-коллекторов и пород-экранов наиболее распространенных фаций континентальной, прибрежно-морской и дельтовой обстановок осадконакопления. Разработана их диагностика, позволяющая по данным каротажа скважин восстанавливать условия формирования осадков и осуществлять их прогнозирование. Использование электрокаротажа (кривые ПС) для решения вопросов генезиса отложений открывает перспективы для развития нового направления нефтяной геологии, возникающего на стыке таких наук, как литология, промысловая и полевая геофизика, и позволяет решать целый комплекс вопросов, связанных с выявлением условий формирования, строения и размещения ловушек литологического типа. Применение новых методов расширяет возможности поисков залежей нефти и газа как в старых, так и в новых нефтегазоносных бассейнах страны и способствует пополнению запасов углеводородного сырья.

Для геологов-нефтяников, геофизиков, а также для исследователей, интересующихся проблемой поисков залежей нефти и газа в ловушках литологического типа и занимающихся их непосредственным прогнозированием.

Табл. 4, ил. 104, список лит. 99 назв.

Рецензент — чл.-кор. АН СССР В. Д. Наливкин

МУРОМЦЕВ ВАЛЕРИАН СЕРГЕЕВИЧ

**ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ
ПЕСЧАНЫХ ТЕЛ —
ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ЛОВУШЕК
НЕФТИ И ГАЗА**

Редактор издательства В. Г. Чирков
Переплет художника В. И. Овчинникова
Техн. редактор Н. П. Старостина
Корректор В. Н. Малахова

ИБ № 4416

Сдано в набор 07.02.84. Подписано в печать 19.06.84. М-33569. Формат 60X90'/в. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Литературная». Печать офсетная. Усл. печ. л. 16.25. Усл. кр.-отт. 16.25. Уч.-изд. л. 17.97
Тираж 820 экз. Заказ № 270/1352. Цена 1 р. 20 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», Ленинградское отделение, 193171. Ленинград, С-17Ц ул. Фарфоровская, 12.

Ленинградская типография № 2 Ленуприздата 191104, Ленинград, Литейный пр., 55.

М 1904050000—336
043(01)—84

свод. пл. подписных изд. 1984 г.

В. С. МУРОМЦЕВ

**ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ
ГЕОЛОГИЯ
ПЕСЧАНЫХ ТЕЛ-
ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ
ЛОВУШЕК
НЕФТИ И ГАЗА**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая работа является результатом многолетних исследований, проведенных автором в различных районах СССР и связанных с поисками залежей нефти и газа в ловушках литологического типа. Собранный за эти годы обширный фактический материал, обобщенный и обработанный, послужил основой для написания настоящей книги. Кроме личных наблюдений автор широко использовал отечественную и зарубежную литературу, посвященную поискам неантиклинальных залежей нефти и газа.

Автор видит свою основную задачу и разработке таких теоретических и методических концепций, которые позволили бы осуществлять литолого-фациальные и палеогеографические реконструкции для выделения, картирования и локального прогнозирования литологических ловушек с помощью электрокаротажа скважин. Ограниченное количество кернового материала использовалось бы только для коррекции полученных зависимостей между литофизическими свойствами горных пород и кривых ПС в начальные этапы исследований. Возможность широкого применения электрокаротажного материала для осуществления локального прогнозирования литологических ловушек нефти и газа обещает значительную экономию средств за счет повышения качества прогнозирования и более эффективного размещения скважин. Все это позволяет с большим успехом вести поиски залежей литологического и структурно-литологического типов, а следовательно, способствует более быстрому наращиванию запасов углеводородного сырья. Использование электрометрических кривых дает возможность повысить оперативность локального прогнозирования за счет автоматизации трудоемких процессов и получения необходимой геологической информации с помощью ЭВМ.

Опробование разработанных методов проводилось на нефтяных месторождениях Мангышлака, Куйбышевского Поволжья, Запад

ной Сибири (Повховская, Ягунская, Коголымская, Тевленская, Кочевская площади) и дало положительные результаты. Осуществлению данной работы и подготовке ее к опубликованию, автор во многом обязан Р. К. Петровой, помощь которой он ощущал в период многолетних исследований. Выполненное ею изучение слоев БС10(Б1) и БС10(Б3) Коголымской группы структур [57] частично включено в последнюю главу настоящей работы как иллюстрация к практическому применению описанной в настоящей книге методики локального прогноза песчаных тел возможных ловушек углеводородов.

Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам ВНИГРИ чл.-кор. В. Д. Наливкину, профессорам В. Л. Гроссгейму, М. Ф. Двали, С. Н. Симакову, ознакомившимся с настоящей работой и сделавшим ряд ценных замечаний. Автор также признателен сотрудникам ВНИГРИ Л. В. Дехнич, В. В. Леонову, И. Ю. Петровой, Г. Л. Соболевой, Т. М. Шестопаловой за оказанную помощь в процессе подготовки рукописи к изданию.

ВВЕДЕНИЕ

Наличие хорошо разработанных методов по выявлению антиклинальных поднятий, которыми располагает в настоящее время геофизическая служба, и все возрастающие скорости бурения привели к тому, что разбуривание выявленного фонда структур происходит в нарастающих темпах. Вследствие этого в ряде нефтедобывающих районов страны наступил «структурный голод», и то время как в других он неумолимо приближается. Это ведет к тому, что в разведку вводятся малоамплитудные, небольшие по площади и глубокозалегающие складки, нефтепоисковые работы на которых в ряде случаев являются малоэффективными. Таким образом, все большее значение приобретают поиски нефти и газа в ловушках неантиклинального типа, которые совместно с залежами на больших глубинах и на морском шельфе представляют собой еще неиспользованный резерв углеводородного сырья.

Этим обстоятельством объясняется особенный интерес к разработке методов поисков и прогнозирования ловушек нефти и газа неантиклинального типа составляющих особую группу залежей, требующих специальных методов обнаружения. Именно в связи с этим поиски нефти и газа в ловушках неантиклинального типа в последние годы из чисто научной проблемы превратились в народнохозяйственную задачу большой важности.

Под неантиклинальной ловушкой (залежью) большинство советских геологов-нефтяников понимают ловушку, образованную литологическими, стратиграфическими, палеогеоморфологическими, палеотектоническими и гидродинамическими факторами, т. е. наличие антиклинальной структуры не является для них определяющим признаком. Термин неантиклинальная ловушка (залежь) нельзя считать удачным, однако, несмотря на многочисленные попытки, до настоящего времени так и не удалось подобрать другого названия (неантиклинальные, несводовые, зональные, палеогеоморфо-логические, заливообразные, стратиграфические, шнурковые, атектонические, литолого-стратиграфические, литологические и др.), которое бы отвечало предъявляемым требованиям. Поэтому следует согласиться с Г. А. Габриелянцем, Г. И. Дряхловой, М. Б. Павловым и Ю. В. Пашковым [1976 г.], считающими, что на данном этапе наших знаний этот термин является более подходящим, поскольку отражает точку зрения на методику поисков залежей

в противоположность широко распространенной антиклинальной теории поисков нефти и газа.

Американские геологи чаще всего объединяют все неантиклинальные ловушки под названием «стратиграфические» - термин, который в 1937 г. был предложен А. И. Леворсеном [40], а затем широко использовался Г. Риттеухаусом [1975 г.], Д. А. Бушем [7] и другими. Некоторые американские геологи-нефтяники (М. Т. Хелбути [1973 г.]), отдавая должное сложности и многогранности анализа геологических материалов при поисках неантиклинальных залежей, часто применяют к ним термин «труднонаходимые залежи», что как нельзя лучше подчеркивает трудности, связанные с предварительным анализом и обобщением, как имеющегося геологического материала, так и отдельных специальных видов его обработки. Как видно даже из этого краткого перечисления, среди американских геологов-нефтяников также нет единого мнения по поводу применяемой ими терминологии.

В последние годы в связи со все возрастающим интересом к поискам залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа как к потенциальному резерву углеводородного сырья возросло количество публикации, посвященных в большинстве случаев описанию отдельных неантиклинальных залежей различного типа в том или другом нефтегазоносном бассейне как на территории СССР. так и за рубежом, особенно в США.

Среди советских авторов необходимо отметить ...

(полный список фамилий см. в оригинале книги)

Однако исследования методического плана, касающиеся вопросов классификации, методики поисков, изучения особенностей формирования и размещения таких ловушек, весьма ограничены...

(полный список фамилий см. в оригинале книги)

Кроме этого, необходимо отметить доклады советских и зарубежных ученых на VIII Международном нефтяном конгрессе в Москве в 1971 г., а также ряд трудов зарубежных авторов, переведенных на русский язык, и в частности крупные работы А. И. Леворсена [40], сборник статей, посвященный проблемам поисков стратиграфических и литологических ловушек, под редакцией Р. Е. Кинга [68], книгу Д. А. Буша о стратиграфических ловушках [7], а также работу Ч. Э. Конибира [34], обобщающую опыт зарубежных исследователей по поискам залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа.

Поиски залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа, как правило, проводятся после того, как разбурены основные антиклинальные складки, выявлены и разведаны приуроченные к ним нефтяные месторождения. К этому времени бывает доказана промышленная перспективность района, выявлены главные особенности его строения, определена стратиграфическая приуроченность промышленных запасов углеводородного сырья, выявлены палеотектонические особенности развития и направление миграции углеводородов, а также установлены структурно-литологические ловушки, выявляемые в переходный период. На этом фоне поиски залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа (литологических и стратиграфических) в пределах нефтегазоносного бассейна следует рассматривать как второй этап нефтепоисковых работ, проводимый на более детальной и углубленной, т. е. качественно иной методической основе. На этом этапе работ наряду с обобщением всего комплекса накопленного ранее материала возникает существенная необходимость в определении генезиса песчаных тел-коллекторов, фациальных условий их формирования и детальных палеогеографических реконструкций для небольших интервалов разреза (ограниченных объемом ритма, его базальной частью, реже продуктивным горизонтом, слоем).

Восстановление во всех деталях условий накопления песчаных тел-коллекторов на фоне реконструкций палеогеографии является основой при прогнозировании литологических и стратиграфических залежей нефти и газа. Такой подход позволяет выявлять новые возможности в старых нефтеносных районах и значительно повышать качество прогноза зон, перспективных на поиски залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа. Именно поэтому в последнее время значительно возрос интерес геологов-нефтяников к палеогеографическим реконструкциям. Вместе с тем стало очевидным, что классические методы палеогеографических исследований, рассчитанные на реставрацию палеообстановок на крупных хорошо обнаженных территориях, имеют ограниченное применение в пределах нефтегазоносных бассейнов, где продуктивные горизонты залегают на больших глубинах, а неравномерно расположенные скважины бурятся с ограниченным отбором керна.

К этому необходимо добавить, что продуктивные толщи некоторых богатых нефтью районов сложены ритмически чередующимися песчано-глинистыми образованиями, формировавшимися в дельтовых, континентальных и прибрежно-морских условиях. Они характеризуются бедностью палеонтологических остатков, резкой сменой фациальных обстановок и отсутствием выдержанных маркирующих горизонтов, что делает изучение этих отложений исключительно сложным.

Детальные палеогеографические реконструкции требуют проведения в больших объемах комплексных литологических исследований, для которых необходимым условием является наличие значительного количества кернового материала, поскольку при ограни-

ченном количестве керна эти методы теряют свои возможности и оказываются малоэффективными. Однако повышение отбора керна ведет к резкому удорожанию бурения и к общему снижению эффективности геологоразведочных работ в целом. Промыслово-геофизические исследования, в свою очередь дающие непрерывную информацию по разрезу скважины, не использовались до сих пор как источник необходимой информации о гранулометрическом составе пород, фациальных и палеогидродинамических особенностях их формирования и др.

В связи с этим целью настоящей работы являлось создание теоретических и методических основ локального прогнозирования песчаных тел - возможных литологических ловушек нефти и газа при отсутствии или при минимальном количестве кернового материала. Достижение этой цели предполагалось осуществить путем комплексирования литофизических и промыслово-геофизических исследований и решения ряда принципиально новых задач. Следовало определить зависимости между литофизическими свойствами пород и электрометрическими характеристиками, выявить наиболее информативный вид электрокаротажа, отражающего смену палеогидродинамических уровней (режимов) седиментации во времени, и установить седиментологические модели наиболее распространенных фаций, с отложениями которых наиболее часто связаны скопления углеводородов. Необходимо было создать электрометрические модели фаций, используя их седиментологические модели и выявленные зависимости между электрометрическими и литофизическими свойствами пород.

Разработка седиментологических и электрометрических моделей фаций проводилась нами на материале юрских продуктивных отложений в районе Жетыбай-Узеньской тектонической ступени Мангышлака. Этот район был выбран как основной полигон для отработки главных теоретических и методических положений, потому что здесь в непосредственной близости от известных нефтяных месторождений располагаются участки, где продуктивные горизонты выходят на дневную поверхность, и слагающие их песчаные тела различного генезиса могут быть детально изучены как в естественных обнажениях, так и по керну и каротажу скважин.

Исследования песчаных тел в естественных обнажениях и прослеживание их аналогов по результатам бурения в пределах Жетыбай-Узеньской тектонической ступени представляют собой редкую возможность для изучения во всех деталях морфологии, вещественного состава, структурных и тектонических особенностей, условий залегания, фациального изменения и пространственного размещения песчаных тел аллювиального, прибрежно-морского и дельтового (переходного) генезиса. Отсутствие карбонатных горизонтов более или менее значительной мощности в осадках юрской продуктивной толщи облегчило выявление основных зависимостей между геологическими, литофизическими, палеогидродинамическими и промыслово-геофизическими данными, дало возможность

провести их сопоставление и увязку, а также разработать седиментологические и электрометрические модели фаций для значительной части песчаных тел-коллекторов и глинистых пород-экранов.

Большое количество скважин, пробуренных в пределах Жетыбай-Узенской ступени, позволило при использовании разработанных моделей восстановить условия осадконакопления путем картирования определенных типов кривых и выявить закономерности распределения песчаных тел и зон их выклинивания в различных ее частях и на различных стратиграфических уровнях. Разработанные на Мангышлаке методы были применены для изучения сходных по литологическому составу и генезису отложений в других районах страны. В частности, они были опробованы при изучении нижнекаменноугольных отложений бобриковского горизонта визейского яруса Нижнего и Среднего Поволжья. Анализ материала наглядно показал возможность применения разработанных методов для Русской платформы, где были выделены русловые, дельтовые и прибрежно-морские осадки и соответственно с их фаціальным составом дана оценка коллекторских свойств слагающих их пород.

Вторым районом, где проводилось опробование методики, были валанжинские осадки нижнего мела Центрального Приобья Западной Сибири. Здесь были проведены детальные работы по корреляции разрезов скважин в пределах ряда площадей и произведено выделение песчаных тел-коллекторов и зон их выклинивания на группе нефтяных месторождений, располагающихся в Венгапура-Повховской зоне регионального выклинивания песчаных пород пласта БВ6 и в районе Коголымской группы структур. Проведенные исследования показали возможность применения разработанных методов выделения песчаных тел и установления их генезиса в условиях Западной Сибири. Основываясь на анализе пространственного размещения песчаных тел и зон их выклинивания в пределах указанных районов, была разработана методика сравнительной оценки и оперативного локального прогноза литологических ловушек нефти и газа.

Роль литологических ловушек среди неантиклинальных залежей нефти и газа. Рождение нефтяной эры относится к середине XIX в., когда в штате Пенсильвания в 1859 г. Е. Л. Дрейк пробурил первую нефтяную скважину. С тех пор на протяжении более ста лет добыча нефти во всем мире неудержимо возрастает, а углеводороды стали важнейшим энергетическим сырьем современной промышленности. Американские геологи-нефтяники И. Д. Моды и др. [Moody I. D., Esser R. W., 1975 г.] подсчитали, что в настоящее время мир находится на вершине кривой роста добычи нефти и газа, которая достигла своего максимума в 70-е годы XX в. Начиная с этого времени запасы нефти и газа на земном шаре при условии все усиливающейся их эксплуатации начнут постепенно сокращаться. Конец нефтяной эры ожидается в середине XXI в. По данным

IX Международного конгресса, проходившего в Токио, доказанные запасы нефти и газа на начало 1976 г. составляли 75,2 млрд. т нефти и 39,5 трлн. м³ газа. Предполагается, что на земном шаре остаются еще не открытыми потенциальные запасы, равные 132 млрд. т условного топлива. Около 70 млрд. т. из них будут добыты в акваториях, а остальная часть - на суше.

Поскольку фонд антиклинальных структур уже в значительной мере исчерпан, добыча нефти может быть осуществлена в будущем главным образом из залежей неантиклинального типа, которые будут выявлены как на суше, так и в прилегающих акваториях морей. Неантиклинальные залежи нефти и газа, по-видимому, имеют широкое развитие на нашей планете. Об этом, в частности, можно судить по опыту капиталистических стран с наиболее развитой нефтедобывающей промышленностью. Так, например, в США и Канаде разведка антиклинальных структур началась с конца прошлого века, тогда как специальные поиски неантиклинальных ловушек ведутся лишь с середины XX в. За это время по официальным данным из 7600 открытых нефтяных месторождений 2660, или 33%, составляют неантиклинальные ловушки. Если учитывать баланс времени, затраченного на поиски антиклинальных и неантиклинальных залежей нефти и газа, то станет очевидным, что неантиклинальные залежи не только не представляют собой уникальных образований, но являются обычным, широко распространенным в природе явлением (Halbouty M. T., 1973 г.).

Представляет интерес процент содержания нефти и газа в неантиклинальных залежах по отношению к антиклинальным в четырех штатах, в которых сосредоточено 50% запасов нефти и 55% газа на территории США.

Штат	Нефть,%	Газ,%
Канзас	58	90
Оклахома	53	70
Нью-Мексико	48	68
Техас	45	35

В штатах Западная Виржиния, Пенсильвания и Нью-Йорк основная часть запасов нефти приурочена к неантиклинальным ловушкам, а в штатах Кентукки, Огайо и Флорида с ними связана большая часть запасов газа.

При разбуривании антиклинальных структур залежи неантиклинального типа часто оказываются пропущенными, поэтому судить о частоте их встречаемости можно лишь в хорошо разбуренных и изученных районах, где проводились специальные работы на поиски ловушек неантиклинального типа. На примере штата Оклахома видно, что с увеличением разбуриваемой территории постепенно возрастает удельный вес ловушек неантиклинального типа. Так, в 1942 г. было открыто 821, а в 1967 г.—3376 месторождений. Соответственно число месторождений, %, приуроченных

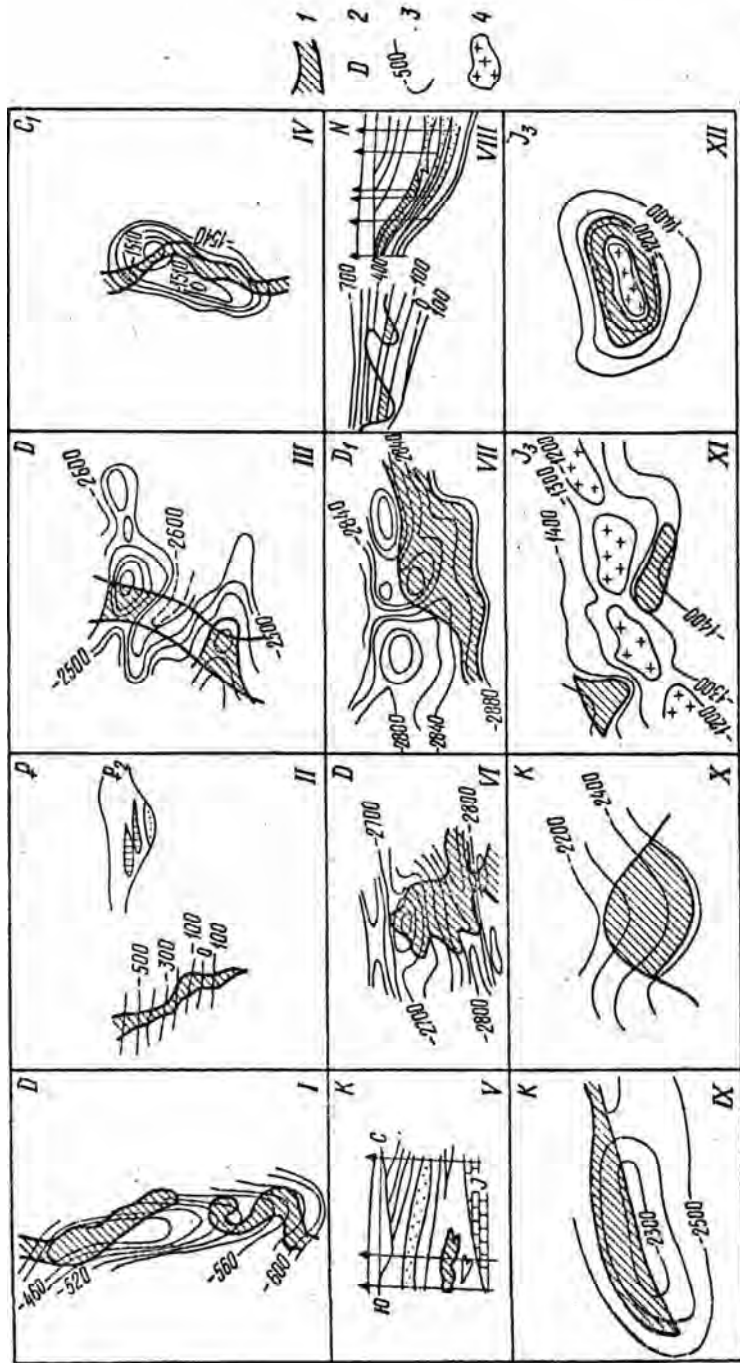


Рис. 1. Типы литологических залежей нефти и газа.

1 — контуры залежей углеводородов; 2 — возраст отложений, содержащих залежь; 3 — изогипсы; 4 — выступы фундамента. Месторождения, содержащие залежи углеводородов, с рисками, выходящими за пределы структурных элементов: I — Волгожское (Тимано-Печорская провинция); II — Нефтегорское (Северный Кавказ); III — Новозарудинское и Кригудинское (Кубышевское Поволжье); с баррами песками: IV — Цокловское (Кубышевское Поволжье); с зонами литологического заещения коллекторов: V — Краснодонецкое (Северный Кавказ); VI — Аттулаское (Кубышевское Поволжье); VII — Мазышевское (Кубышевское Поволжье); VIII — Хель-Бальское (Западный Сибирь); IX — Южно-Сургутское (Западный Сибирь); X — Южно-Сургутское (Западный Сибирь); с выступами фундамента: XI — Шинское (Западный Сибирь); XII — Березовское (Западный Сибирь). Материалом для составления работ А. Г. Алексина, Н. Ф. Берестина, Б. Я. Вассермана, А. И. Давкова, А. Я. Крекса, А. И. Кулаковского, В. И. Корнева, Н. Д. Матвеевича, И. И. Нестерова, Ф. К. Саламанова, С. В. Саларова, А. П. Соколова, И. Н. Ханина, Г. Т. Юдина.

ТАБЛИЦА 1

Число месторождений с литологическими и структурно-литологическими залежами в терригенном комплексе девона на структурах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции [Кал еда Г. А., 1977 г.]

Региональная структура	Горизонты			
	Старооскольский	Муллинский	Пашийский	Кыновский
Верхнекамская впадина	0	0	0	1/0
Чермозская седловина	0	0	0	0
Пермско-Башкирский свод	0	7/2 (29)	11/4 (36)	9/2 (22)
Пермская вершина	0	0	1/0	0
Башкирская вершина	0	3/1 (33)	7/3 (43)	7/2 (29)
Припятский район	0	0	0	3/1 (33)
Нижнекамская дислокация	0	5/4 (80)	6/0 (17)	82/9 (11)
Бирская седловина	0	0	5/1 (20)	6/2 (50)
Белебеевская вершина Татарского свода	8/4 (50)	0	18/6 (33)	6/4 (63)
Альметьевская вершина Татарского свода	2/0	2/1 (50)	26/11 (42)	42/35 (83)
Мелекесско-Серноводско-Абдуллинская впадина	3/2 (67)	0	17/3 (18)	0
Жигулевско-Оренбургский свод	10/2 (20)	3/0	36/9 (25)	11/5 (45)
Рязано-Саратовская впадина	4/3 (75)	0	7/1 (14)	3/2 (66)
Всего	24/11 (46)	26/8 (31)	112/32 (29)	103/62 (60)

Примечание: В числителе - общее число, в знаменателе - число месторождений с литологическими и структурно-литологическими залежами, в скобках - число месторождений, %

ТАБЛИЦА 2

Распределение типов залежей нефти в пашийском горизонте по палеогеографическим областям [Гасанова И. Г., 1975 г.]

Палеогеографические области	Число залежей (числитель) и доля их от общего числа, % (знаменатель)					Отношение структурно-литологических и литологических залежей к антиклинальным.
	антиклинальные (сводовые)	Структурно-литологические	Литологические	Тектонически-экранированные	Невыясненные	
Относительно устойчивое морское осадконакопление	55/67	6/7	6/7	4/5	11/4	0,22
Менее устойчивое морское осадконакопление	28/32	29/34	8/10	5/6	16/18	1,32
Морское осадконакопление в условиях внутреннего шельфа, временами сменяющееся прибрежной равниной.	2/7	11/33	6/18	-	14/42	8,5

(собственно дельтовые 19, погребенные дельтовые каналы и русла 7), 2) баровые, 23, 3) пляжевые комплексы 19. Отсюда видно, что среди литологических залежей нефти и газа наибольшее число их связано с отложениями дельт, дельтовых каналов, русел рек и баровых песков.

Нахождение древних дельтовых комплексов рассматривается геологами-нефтяниками США как один из важнейших критериев поиска крупных скоплений углеводородов в ловушках литологического типа. Так, например, с отложениями дельтовых комплексов связана крупная литологическая залежь в Бартсвилских песках пенсильванского возраста на северо-западе Оклахомы, детально изученная Г. С. Вишером, С. Сайта и Р. С. Фаресом [98]. Из этих песков к началу 70-х годов было добыто более 200 млн. т нефти и до сих пор открывают новые скопления.

К песчаным отложениям, заполняющим каналы дельт [Янг Г. А., 1971 г.], приурочены залежи нефти на площади Офисина (Венесуэла). Ловушки образованы на месте пересечения рукавов дельт сбросами. Промышленные запасы оцениваются в 127 млн. т.

Согласно Х. Х. Кристи [1971 г.], дельтовыми отложениями образована ловушка литологического типа Митью (Канада), содержащая 87 млн. т промышленных запасов. Месторождение было открыто в 1964 г. после длительного и детального изучения палеогеографий дельтового комплекса.

В восточной части Австралии на площади Рома, в 480 км западнее Брисбена, в 1960 г. выявлено 39 газовых залежей с запасами в 7 млрд. м³ (Грейвс Д. М., 1971 г.), приуроченных к руслам рек юрского времени и выделенных песчаными образованиями.

Однако, как считают американские геологи-нефтяники, классическим примером открытия литологической ловушки, совершенно не контролируемой структурными факторами, является разведка месторождения Белл-Крик (штат Монтана) с промышленными запасами 27.7 млн. т нефти. На этой площади безрезультатное бурение с перерывами велось с 1919 вплоть до 1967 г. Лишь когда была разработана палеогеографическая концепция на основе обобщения имеющегося фактического материала с использованием «богатого воображения геологов» [Мак-Грегор Л., Биггс У., 1973 г., 'с. 88] залежи были наконец открыты.

Из приведенных данных видно, что наибольшее число литологических залежей нефти и газа связано с отложениями дельт, дельтовых каналов и русел. Поэтому нахождение древних дельтовых комплексов необходимо рассматривать как важный критерий, указывающий на возможность обнаружения крупных скоплений углеводородов. Однако ограниченный выход керны препятствовал созданию детальных палеогеографических реконструкций, а также выявлению и прогнозированию песчаных тел-коллекторов. Методы полевой геофизики также оказались малоэффективными в связи с низкой разрешающей способностью, которая не превышала 40—50 м, в то время как песчаные пласты, содержащие нефть и газ в районах зон выклинивания, имели мощность 5—10 м.

В связи со сказанным вопрос определения генезиса осадков для палеогеографических реконструкций приобрел исключительно важное значение при поисках залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального и главным образом литологического типа. Все это заставило геологов-нефтяников обратить пристальное внимание на промыслово-геофизические методы исследования скважин с целью использования их для установления генезиса песчаных отложений. В настоящее время, согласно утверждениям американских специалистов, применение электрокаротажа для прогнозирования литологических ловушек является наиболее эффективным. Именно таким путем в США были открыты литологические залежи как с небольшими, так и с крупнейшими скоплениями нефти и газа.

Впервые на возможность использования каротажных кривых для выявления условий осадконакопления указал в 1954 г. американский исследователь Р. Г. Нанц, который, изучая отложения палеодельты Силигсон, обратил внимание на изменение формы кривой спонтанной поляризации в зависимости от состава пород. Размещая отрезки каротажной кривой по сетке пробуренных скважин, ему удалось не только прогнозировать развитие отдельных пластов, но и намечать участки их выклинивания.

В 1959 г. Д. А. Буш [Busch D. A., 1959 г.] опубликовал результаты изучения погребенной дельты Буч пенсильванского возраста в штате Оклахома. С помощью электрокаротажа им была детально закартирована схема дельтовых проток, что в значительной мере способствовало успешному поиску залежей нефти и газа.

В 1963 г. Ф. Ф. Сабине [89], проводя комплексные исследования неантиклинальных залежей нефти и газа Бистфилд в Нью Мексико, связанных с ископаемыми баровыми песками, установил, что песчаники морского происхождения, накапливаясь на морском дне, имеют тенденцию к увеличению размеров обломочного материала вверх по разрезу по мере роста бара. Это обстоятельство, отражаясь на характере кривой ПС, позволяет отличать пески, имеющие морское происхождение, от песков континентального генезиса.

В 1965 г. Г. С. Вишер [95] в результате многолетних исследований и широкого обобщения имеющегося материала разработал критерии, позволяющие различать главные типы осадков на основании литологических, палеонтологических, структурных и морфологических особенностей. Хотя автор не рассматривает типы каротажных кривых, тем не менее, приводимые им данные являются весьма ценным материалом для понимания условий формирования песчаных тел различного генезиса.

В 1966 г. И. К. Хармс (I. C. Harms) описывает стратиграфические ловушки нефти и газа в Западной Небраске. Он проводит детальное комплексное изучение песчаных пород, образованных в условиях морского мелководного бассейна и отложений, выполняющих речное русло. Им приводятся характерные каротажные кривые спонтанной поляризации для морских и аллювиальных (русловых) отложений, развитых в изучаемом районе. В этом же году И. Л. Кеннон [Cannon I. L., 1966 г.], а в 1967 г. Ю. В. Шелтон [93] на основании изучения кернового материала предложили ряд критериев для распознавания по кривой ПС песчаных отложений континентального и морского генезиса, основываясь на особенностях внутреннего строения, морфологии песчаных тел и общей характеристики осадконакопления. При изучении керна из нижнемеловых песчаников формации Кар-Банк в штате Монтана, представляющих собой достоверно установленные барьерные острова, и аллювиальных (русловых) песчаников верхнемеловой формации Ингл у г. Боллингса, где они вскрываются р. Йеллоустон, было установлено, что для первых характерно увеличение песчаного материала вверх по разрезу, тогда как для вторых, наоборот, вниз по разрезу. В связи с этим характер кривой самопроизвольной поляризации для этих отложений неодинаков, что дает возможность уверенно различать пески, формирующиеся в морских и континентальных условиях.

В 1967 г. П. Е. Поттером [Potter P. E., 1967 г.] была опубликована работа, в которой рассматривались характерные признаки песчаных пород, сформировавшихся в различных условиях. Автор обобщил накопленный материал о формах, различиях в строении и простирации песчаных горизонтов, а также сделал попытку упорядочить применяемую терминологию.

В 1968 г. С. Сайта и Г. С. Вишер [90] при изучении песчаников формации Блуджит-Бартсвилл, входящей в состав серии Чароки

(одной из основных нефтегазоносных толщ штатов Оклахома и Канзас), использовали данные электрокаротажа для выявления размещения песчаных пластов в пределах Бартсвиллской дельты, характеризующихся резкой сменой фациального состава. Ими было установлено, что песчаные отложения, являющиеся коллекторами нефти и газа, представляют собой дельтовые протоки и русла, неравномерно распределенные в пределах изучаемой площади. Было показано, что сходные по форме кривые ПС соответствуют близким по составу и характеру осадконакопления породам. Построенные ими подробные карты распределения песчаных осадков в пределах изученной площади позволили установить закономерности их пространственного размещения и выявить связанные с зонами их выклинивания ловушки нефти и газа. На основании проведенных исследований ими были показаны типы кривых ПС для русловых и баровых песков, развитых в пределах Бартсвиллской погребенной дельты, расположенной в районе г. Тулсы, штат Оклахома.

В 1969 г. выходит работа Г. С. Вишера [97], в которой автор выявляет принципиальные различия в строении песков, сформированных в континентальной и морской обстановках, и показывает, как эти различия отражаются на кривых самопроизвольной поляризации.

В 1970 г. С. Н. Пирсон [87, 88], основываясь на анализе особенностей современного осадконакопления в различных фациальных условиях, описал ряд приемов, позволяющих определить по конфигурации кривой ПС особенности среды осадконакопления при формировании отложений дельты, бара и турбидитных потоков.

В 1971 г. Г. С. Вишер, С. Сайта и Р. С. Фарес [70] публикуют работу по результатам исследования пенсильванских дельт в Восточной Оклахоме. Исследования разрезов скважин, образцов керна и естественных обнажений бартсвиллских песков позволили выявить основные стадии формирования дельты, зон развития песков, их структуру и текстуру. Были установлены основные типы кривых для песчаных осадков и проведена реконструкция дельты и ее отдельных элементов.

В 1972 г. Ю. В. Шелтон [94] предложил проводить корреляцию каротажных кривых в пределах развития песчаного массива по очень плотной сетке, что, по мнению автора, позволяет точно определять направление простирации пластов и местоположение зон выклинивания.

В 1972 г. А. Дугаллер и Д. Матуцак в крупной работе по стратиграфическим и литологическим залежам, вышедшей под редакцией Р. Е. Кинга [68], дают краткую сводку основных достижений использования данных каротажа при поисках литологических и стратиграфических ловушек и приводят характерные типы кривых, заимствованных из работ С. Сайта, Ю. В. Шелтона П. Е. Поттера, Г. С. Вишера и других.

Наконец, в 1979 г. под редакцией М. М. Грачевского и Е. В. Кучерука издана в русском переводе работа Ч. Э. Конибира [Cony-

beag С. G..B., 1976 г.], представляющая собой первое крупное обобщение материалов по палеогеоморфологии нефтегазоносных песчаных тел и их электрометрических характеристик. Работа дает возможность использовать геолого-геофизические данные в процессе поисково-разведочных работ на нефть и газ.

За период с 1958 по 1980 г. в СССР также был опубликован ряд работ, посвященных развитию этого нового направления. Первое исследование по применению электрокаротажа для построения палеогеографических схем было предпринято в 1958 г. Н. И. Чернышевым [77], который использовал электрометрические данные, главным образом кривые КС стандартного каротажа, для корреляции и построения палеогеографических схем верхнепермских карбонатных отложений Приуралья.

В 1971 г. вышла работа, в которой приведен способ оценки степени литологической изменчивости или постоянства какой-либо части разреза при помощи соответствующей математической обработки каротажных кривых [Петрова Р. К., Муромцев В. С., Петров Т. Г., 1971 г.]. В том же году Л. С. Черновой [76] были разработаны генетические модели некоторых типов фаций прибрежно-морских и континентальных отложений с использованием кумулятивных кривых и генетических СМ-диаграмм Р. Пассега. Для пяти из них (руслых, пойменных, переходно-дельтовых, надводной и подводной дельтовых равнин и баров) приводятся электрокаротажные характеристики кривых ПС.

В 1972—1973 гг. опубликованы методические разработки использования кривых ПС для детальной корреляции фациально невыдержанных, лишенных маркирующих горизонтов юрских продуктивных отложений Мангышлака, выявления характера распределения и условий формирования песчаных тел-коллекторов и зон их выклинивания [Муромцев В. С., Петрова Р. К., 1972 г.; Петрова Р. К., 1973 г.].

В 1973 г. вышла работа [Кузнецов С. В., Мелик-Пашаев Н. В., 1973 г.], посвященная выявлению распределения песчаных горизонтов по данным каротажа на примере Предкавказья.

В 1974 г. аналогичная работа была выполнена М. Ю. Эрвье для выявления распространения продуктивных песчаных горизонтов в пределах Нижневартовского свода Западно-Сибирской низменности [Эрвье М. Ю., 1974 г.].

В методических рекомендациях [52], изданных в 1979 г., приведены зависимости относительной амплитуды кривой ПС от ряда литофизических параметров пород, что позволяет использовать данные каротажа для выявления и прогнозирования песчаных тел и связанных с ними литологических ловушек нефти и газа.

В 1981 г. осуществлена разработка электрометрических моделей фаций континентальной и прибрежно-морской обстановок осадконакопления [53] и создана методика локального прогноза песчаных тел - литологических ловушек нефти и газа по электрометрическим моделям фаций.

Как видно из приведенного выше перечня опубликованных работ. в СССР все еще не находят широкого применения методы использования данных каротажа для установления генезиса осадков, палеогеографических реконструкций, выявления особенностей строения и размещения песчаных тел-коллекторов и глинистых пород-экранов, что имеет большое значение при оперативном локальном прогнозе литологических ловушек нефти и газа.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ПЕСЧАНЫЕ ТЕЛА-КОЛЛЕКТОРЫ И ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ-ЭКРАНЫ РАЗЛИЧНЫХ ФАЦИЙ, ИХ СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УСТАНОВЛЕНИЯ СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПЕСЧАНЫХ ТЕЛ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Песчаные тела и их значение при поисках литологических ловушек нефти и газа

Установление фациальной природы песчаных тел имеет первостепенное значение при поисках литологических ловушек нефти и газа, а также позволяет осуществлять прогноз их пространственного размещения, положения зон выклинивания и изменения коллекторских свойств пород.

Известно, что все литологические ловушки связаны с песчаными телами, однако далеко не все песчаные тела могут быть ими. Это обстоятельство вынуждает проводить детальное изучение и картирование всех песчаных тел в пределах изучаемой перспективной площади с тем, чтобы выбрать среди них наиболее перспективные на поиски литологических ловушек и, возможно, связанных с ними залежей нефти и газа. Выявление песчаных тел, установление их фациальной природы и пространственного размещения представляют собой сложный научно-исследовательский процесс, который, как правило, в значительной мере затруднен из-за недостатка информации в связи с ограниченным выходом керна или его отсутствием. При этом приходится применять только данные каротажа.

Детальному изучению локально развитых песчаных тел как самостоятельных объектов исследования до настоящего времени не уделялось должного внимания. Это объясняется тем, что не была в достаточной мере разработана методика их выявления и картирования, и это не давало возможности определить их роль при поисках ловушек литологического типа. Нам представляется, что песчаные тела при выявлении литологических залежей имеют такое же нефтепоисковое значение, как и антиклинальные складки для поисков залежей структурного типа. Отсюда возникает необходимость детального изучения геологии песчаных тел-коллекторов:

строения, состава, морфологии, условий формирования, закономерностей пространственного размещения, характера залегания, изменения физических свойств и т. д. В связи с этим должно быть уточнено и само определение песчаного тела. Существующая в настоящее время формулировка

предложенная Ф. Петтиджоном, П. Е. Поттером, Р. Сивером [58], трактует его как «единое, состоящее из органически связанных частей тело, поддающееся картированию». Такая формулировка, как нам кажется, не отражает особенностей строения и формирования песчаного тела как самостоятельного первичного объекта исследования при поисках залежей нефти и газа. В связи с этим нам представляется более подходящим определять его как ограниченное в пространстве скопление песчаного материала, образованного в определенных палеогеографических условиях и отделенного от других песчаных скоплений глинистыми или карбонатными отложениями.

Песчаные тела могли формироваться в различных обстановках осадконакопления и в зависимости от этого иметь ту или иную форму поперечного сечения, отличаться внутренним строением (текстурой и структурой), характером контактов с подстилающими и покрывающими осадками, строением зон выклинивания, закономерностями пространственного размещения. Все эти данные представляют собой первоначальные генетические признаки, сохраняющиеся в процессе литогенеза. Эти признаки могут быть использованы для реконструкции условий формирования песчаных тел. Генетические или первоначальные признаки неоднократно использовались исследователями для изучения фациальных условий осадконакопления [21, 34, 72, 93, 95] и для их классификации. Так, геометрию песчаных тел, включая форму, размер и ориентацию в пространстве, положил в основу своей классификации Г. Риттен-хаус [Rittenhause G., 1961 г.]. П. Е. Поттер [Potter P. E., 1962 г.] разработал классификацию песчаных тел, основанную на зависимости отношения длины тела к его ширине. Им выделялись листообразные или покровные, линзообразные, дендроидные и лентообразные тела.

Эта классификация учитывает только площади, занимаемые песчаными телами, и не принимает во внимание иные особенности: фациальную природу песчаных тел, характер залегания, эволюционное развитие песчаных тел. С небольшими изменениями эта же классификация песчаных тел приведена в работе Ф. Петтиджона, П. Е. Поттера и Р. Сивера [58].

Как показали проведенные нами исследования многочисленных песчаных тел, сформированных в различных обстановках осадконакопления, все особенности их тесным образом связаны с фациальной природой. Только детальный фациальный анализ позволяет определить генезис песчаных тел, разработать их классификацию и осуществить прогноз пространственного размещения и литофизических свойств, слагающих песчаное тело пород.

Фациальная природа песчаных тел и седиментологические модели фаций

Песчаные тела, особенно крупные, как правило, имеют полифациальное строение. Однако встречаются тела, сложенные осадками одной фации. Это обычно небольшие изолированные образования, залегающие среди пород иного фациального состава, например отложения фации береговых валов, располагающиеся среди глинистых осадков поймы. Однако нередко кажущаяся монофациальность является следствием их слабой изученности. В качестве примера могут быть приведены песчаные тела вдольбереговых баров, которые, хотя и выделяются как монофациальные, представляют собой скорее всего песчаные тела, образованные несколькими фациями (фация морского склона бара, фация лагунного склона бара, фация осевой его части). Отсутствие разработанных критериев, общих для выделения фаций в современных и древних осадках, в ряде случаев не позволяет выделять среди древних аккумулятивных образований аналоги современных фаций. Так, например, до сих пор не установлены критерии, позволяющие отделить в ископаемом состоянии фацию вдольберегового бара от фаций косы, пересыпи или переймы (томболо) и т. д. В результате отложения всех этих фаций объединяются в одну фацию вдольбереговых баров. Еще хуже исследован фациальный состав песчаных тел погребенных дельтовых образований. Это объясняется их сложным строением, обусловленным частой сменой условий осадконакопления, и большой площадью, занимаемой дельтовыми комплексами.

Таким образом, вопрос о фациальной природе ископаемых песчаных тел нельзя считать окончательно выясненным. Это осложняется еще и тем, что в понимании фации все еще существуют различные мнения. Не останавливаясь на их рассмотрении, отметим работу Г. Ф. Крашенинникова [37], где он писал, что подавляющее большинство исследователей в понятие фация включают признаки, отражающие: а) вещественный состав осадка (литологию) и содержащуюся в нем фауну; б) принадлежность фации к одному стратиграфическому горизонту; в) физико-географическую обстановку осадконакопления.

Если по первым двум признакам у большинства исследователей нет принципиальных разногласий, то по третьему имеются две, точки зрения. В связи с этим возникает два толкования фаций: а) фация — это обстановка осадконакопления (современная или древняя), овеществленная в осадке или породе; б) фация - это порода, возникшая в определенной обстановке осадконакопления [Крашенинников Г. Ф., 1977 г.].

Придерживаясь в настоящей работе первого толкования, мы полагаем, что такое понимание фации дает в руки геологов возможность восстанавливать по изученным отложениям условия, в которых происходило накопление ископаемых осадков, широко исполь-

зуя принцип актуализма, имеющий исключительно важное значение при палеогеографических реконструкциях прошлого. Поэтому чем полнее изучены современные отложения того или иного генезиса, тем детальнее могут быть установлены их ископаемые аналоги. Однако, несмотря на сходство отложений современных и ископаемых фаций, между ними имеются и значительные отличия. Наиболее существенное отличие, отмечает Г. Ф. Крашенинников [37], заключается в том, что современные фации - это осадки, образовавшиеся в определенных физико-географических условиях, еще не погребенные и не превращенные в породу. Ископаемые же фации - это породы, сохранившие только некоторые первоначальные и приобретенные новые дополнительные признаки. О физико-географических условиях, при которых формировались эти породы, можно лишь догадываться на основании изучения этих признаков.

Первоначальные признаки являются наиболее устойчивыми для песчаных пород, характеризующихся жесткой скелетной основой. Главными среди них являются гранулометрические параметры, включающие процентное содержание песчаной Пфр, алевроитовой Афр и глинистой Гфр фракций, медианный размер зерен Md , коэффициент сортировки обломочного материала S , максимальный размер зерен M_{max} , а также характер контактов, мощность и текстурные особенности пород.

Все перечисленные параметры находятся в тесной зависимости от динамики среды седиментации и меняются как по разрезу, так и по площади. Изучение этих первоначальных признаков позволяет установить последовательность смены палеогидродинамических уровней среды седиментации в пространстве. Так, известно, что увеличение в осадке песчаной фракции, медианного размера зерен и уменьшение глинистой фракции свидетельствует о повышении динамики среды седиментации, т. е. увеличении скоростей водных потоков, в то время как противоположные характеристики указывают на уменьшение энергетических уровней среды. На участках, где преобладали высокие палеогидродинамические уровни среды седиментации, концентрировался наиболее грубый обломочный материал и формировались песчаные тела-коллекторы. В районах с пониженной палеогидродинамической активностью соответственно накапливались тонкозернистые глинистые отложения. Таким образом, первоначальные признаки фиксируют те или иные условия среды, в которой происходило накопление осадка и его изменения. Первоначальные признаки могут быть объединены в группы так, что каждая группа окажется соответствующей определенному палеогидродинамическому уровню среды седиментации.

Многими исследователями [6, 21, 41, 78, 79, 95] было отмечено, что в терригенных отложениях в зависимости от обстановок осадконакопления (континентальной или морской) имеет место смена гранулометрического состава пород. Так, для континентальных обстановок характерно уменьшение размерности обломочных зерен вверх по разрезу, в то время как для отложений морского генезиса

преобладающей является обратная последовательность распределения обломочных зерен.

Основываясь на этих закономерностях в смене литологического состава пород по разрезу, могут быть определены обстановки осадконакопления. Зная генезис отложений и располагая моделями площадного расположения фации для данной обстановки осадконакопления, можно предсказывать общее размещение фации в пределах той или иной обстановки. В связи с этим рядом авторов были созданы различного типа понятийные модели, отражающие с точки зрения их авторов наиболее важные особенности для каждой обстановки осадконакопления.

Так, Г. С. Вишером [95] были разработаны модели вертикальной последовательности напластования для различных обстановок осадконакопления. Ю. В. Шелтоном [93], а затем Ф. Петтиджоном, П. Е. Поттером и Р. Сивером [58] были предложены стратиграфические модели, дающие характеристику внутреннего строения, геометрии песчаных тел и окружающих их пород для каждой из основных обстановок осадконакопления. Понятийные модели Р. Ла Бланка, приведенные в работе Ч. Э. Конибира [34], дают общее представление о возможном распределении различных условий формирования осадков в аллювиальных, дельтовых и прибрежно-морских обстановках.

Все упомянутые выше модели, основанные на различных принципах, разработаны для установления обстановок осадконакопления в целом, в то время как для практического использования и осуществления локального прогноза литологических ловушек необходимы более детальные реконструкции, позволяющие определять фациальный состав песчаных тел-коллекторов и глинистых пород-экранов в пределах той или иной обстановки осадконакопления.

Попытки определения генезиса отдельных песчаных тел по результатам исследования различных литологических параметров предпринимались в разное время П. Е. Поттером [Potter P. E., 1967 г.], Ю. В. Шелтоном [93], Ч. Э. Конибиром [34], Л. С. Черновой [76]. Описания отложений того или иного генезиса в ряде случаев сопровождалось электрометрическими характеристиками. Однако для определения генезиса осадков по данным каротажа необходимо знание изменения условий седиментации во времени для отложений каждой фации.

В связи с этим нами были разработаны седиментологические модели фаций, в основу которых положен единый принцип, основанный на том, что отложения каждой фации формировались в условиях меняющихся палеогидродинамических режимов (уровней). Это давало возможность для каждой фации определить свою собственную седиментологическую модель, отражающую свойственную только данной фации последовательную смену палеогидродинамических уровней во времени.

Всего было выделено пять гидродинамических уровней (режимов): очень высокий, высокий, средний, низкий, очень низкий.

Каждый из этих уровней характеризуется рядом первоначальных признаков, отражающих динамическую активность среды седиментации.

1. Очень высокий. Преобладают пески, песчаники, крупно и среднезернистые неглинистые. Гранулометрический состав пород:

Пфр=70-95%, Афр=5-10%, Гфр=0-15%, Md>0,15 мм. Пески могут быть хорошо (морские) и плохо (аллювиальные) отсортированы; встречаются скопления зерен гравия, галька и валуны различных пород; слоистость косая мультимодальная крупная, иногда сходящаяся; по сегментарным швам и границам косых серий частая мелкая галька; в основании отложений следы интенсивного размыва.

2. Высокий. Преобладают пески и песчаники мелкозернистые. Гранулометрический состав: Пфр=50-70%, Афр=5-20%, Гфр= 15-25%, Md=0,1-0,2 мм. Слоистость косая, мультимодальная; сегментарные и серийные швы слабо заметны; в подошве следы размыва.

3. Средний. Наблюдаются смешанные (песчано-алевролитоглинистые) породы. Гранулометрическая характеристика их следующая: Пфр=20-50%, Афр=20-50%. Гфр=20-50%, Md=0,03-0,1 мм. Слоистость косая мелкая, мультимодальная, иногда горизонтальная и волнистая; сегментарные и серийные швы прослеживаются с трудом; следы размыва слабо выражены или отсутствуют.

4. Низкий. Широко развиты алевриты и глинисто-алевритовые породы, имеющие следующий гранулометрический состав: Пфр=0-20%, Афр=50-85%, Гфр=15-50%, Md<0,03. Слоистость горизонтальная, прерывисто-горизонтальная, волнистая. Следы размывов отсутствуют.

5. Очень низкий. Наблюдаются алеврито-глинистые породы и глины. Гранулометрический состав их следующий: Пфр=0-5%, Афр=0-20%, Гфр=50-90%, Md<0,02. Слоистость горизонтальная или отсутствует.

Смена палеогидродинамических уровней оказалась зафиксированной в памяти Земли в виде конкретного геологического разреза с определенным изменением литологического состава, гранулометрии, текстурных признаков, характера контактов и т. д. Причем оказалось, что для каждой фации имеются свои, только ей свойственные, сочетания палеодинамических уровней (режимов) седиментации. Сочетания палеогидродинамических уровней в характерной для данной фации последовательности были использованы нами для создания седиментологических моделей фаций.

Под седиментологической моделью фации мы понимаем смену в определенной последовательности палеогидродинамических уровней, отражающих условия седиментации в период формирования отложений данной фации. Создание таких моделей продиктовано необходимостью объединения значительной по объему информации, содержащейся во многих различных признаках, в виде

одного признака, наиболее важного для понимания всего процесса. Этот широко применяемый прием дает возможность всю имеющуюся информацию сосредоточить в виде единой, наиболее лаконично выраженной формы - седиментологической модели фации, простой для понимания и удобной для практического использования. Седиментологические модели фаций могут быть выражены в виде математической формулы, что позволяет осуществлять их обработку с помощью ЭВМ.

Разработка седиментологических моделей фаций оказалась возможной при тщательном всестороннем изучении хорошо обнаженных ископаемых осадков, выделении в них тех же фаций, которые устанавливаются в современных условиях.

Седиментологические модели фаций послужили основой для определения электрометрических моделей фаций, дающих в свою очередь возможность определять генезис осадков и осуществлять реконструкцию палеогидродинамических обстановок по электрометрическим разрезам скважин без использования каменного материала.

Литофизические свойства пород и электрометрические модели фаций

В настоящее время высокий уровень развития и многообразие методов промысловой геофизики обеспечивают получение всех необходимых параметров для проведения подсчета запасов нефти и газа, корректировки процессов бурения скважин, изучения и корреляции вскрываемых ими разрезов и др.

Выявлению влияния различных геологических параметров на результаты промыслово-геофизических исследований скважин, установлению связей и зависимостей между ними посвящено много работ, среди которых нами были использованы исследования Б. Ю. Вендельштейна [9, 10], Н. В. Вилкова [11], В. Д. Дахнова [16, 17], В. Н. Дахнова, Б. Ю. Вендельштейна, Р. А. Резванова и др. [1979 г.], Т. С. Изотовой, С. Д. Рябчуна, А. О. Пуша, М. А. Шпольской [1978 г.], Л. П. Долиной, Л. Ф. Иванчука, В. А. Барамзиной [18], Л. П. Долиной, Л. Ф. Иванчука, О. П. Иоффе [1972 г.], В. А. Долицкого [1961 г., 1966 г.], Л. Ф. Иванчука [26], Н. А. Ирбэ [28], С. С. Итенберга [29], В. Н. Кабрановой [1957 г.], С. Г. Комарова (1950 г.), В. Н. Курганского, В. И. Логинова [1967 г.], М. Г. Латышевой [1968 г.], М. Г. Латышевой, Б. Ю. Вендельштейна, В. П. Тузова [39], Д. А. Мельникова [1968 г.], С. И. Пирсона [1966 г.], И. Е. Эйдемана [1956 г.] и др. В последнее время результаты промыслово-геофизических работ все чаще пытаются применять для выявления условий накопления осадка такие исследователи, как Р. Г. Нанц [86], С. И. Пирсон [87, 88], С. Сайта, Г. С. Вишер [90], Ю. В. Шелтон [93, 94], Г. С. Вишер [96, 97], В. С. Муромцев [53], В. С. Муромцев, Р. К. Петрова [52], Л. С. Чернова [76], Н. И. Чернышев [76, 77].

Применение промысловой геофизики для установления условий осадконакопления и проведения палеогеографических реконструкций в будущем, видимо, приобретет большее значение в связи с тем, что ограниченный выход керна уже сейчас не обеспечивает проведение детальных литологических исследований, а намечающиеся тенденции его дальнейшего снижения еще больше будут способствовать затруднению прогнозирования расположения песчаных тел и зон их выклинивания, с которыми могут быть связаны литологические ловушки нефти и газа. Наиболее информативными промыслово-геофизическими методами для получения литологической информации при исследовании терригенных отложений являются методы самопроизвольной поляризации (ПС) и естественной гамма-активности (ГК). Метод ПС, как известно [9, 10, 17, 39; Дахнов В. Н., Вендельштейн Б. Ю., Резванов Р. А., 1979 г.], позволяет фиксировать изменение адсорбционно-диффузионного потенциала вдоль необсаженного ствола скважины, пробуренной на пресном глинистом растворе (глинистый раствор менее минерализован, чем пластовая вода).

Самопроизвольное возникновение электрического тока в скважине впервые было отмечено в 1928 г. К. и М. Шлюмберже и получило название поляризация самопроизвольная (ПС).

Причины возникновения естественных электрических полей в скважинах подробно рассмотрены в целом ряде специальных работ [9, 10, 16, 17, 29, 39]. Так, М. Г. Латышева, Б. Ю. Вендельштейн и В. П. Тузов пишут: «Естественные электрические поля в скважинах возникают благодаря протеканию на границе между породой и буровым раствором, а также между пластами различных электрохимических процессов, обусловленных диффузией солей, фильтрацией жидкости и окислительно-восстановительными реакциями» [39, с. 78].

Эти естественные электрические поля фиксируются электродом при его перемещении в необсаженном стволе скважины и записываются в виде кривой. В связи с этим на кривой ПС могут быть выделены участки, соответствующие развитию высокодисперсных компонентов, в первую очередь глинистого материала, обладающего высокой адсорбционной способностью [Дахнов В. Н., Вендельштейн Б. Ю., Резванов Р. А., 1979 г.; Вендельштейн Б. Ю., 1966 г.], а также участки, характеризующиеся низкой адсорбционной способностью и отвечающие наличию в разрезе низкодисперсных образований - неглинистых песчаных пород-коллекторов. Первые отличаются отклонением кривой ПС в сторону положительных, а вторые в сторону отрицательных значений.

Уменьшение размеров пор и заполнение их глинистым веществом равносильно росту удельной поверхности и адсорбционной способности пород [39].

Наличие корреляционной связи между относительной амплитудой ПС и относительной глинистостью, характеризующей степень заполнения объема пор глинистым материалом, отмечалось во мно-

гих работах [9, 10, 16, 17, 39 и др.]. Для юрских продуктивных отложений Мангышлака сопоставление этих параметров проводилось Л. П. Долиной, Л. Ф. Иванчук, В. А. Барамзиной [18] и другими.

Влияние гранулометрического состава песчаных пород на характер кривых ПС также рассматривалось рядом исследователей. Так, Р. Г. Нанц [86] пытался установить зависимости кривой ПС от изменения состава терригенных пород. Р. Р. Берг и Д. К. Девис [Berg R. R., Davis D. K., 1968 г.] провели сопоставление диаграмм неглинистых песчаников месторождения Белл-Крик с их гранулометрическим составом и сортировкой. Г. С. Вишер [97], Ю. В. Шелтон [94], С. И. Пирсон [87,88] и П. Е. Поттер [1967 г.] показали, что форма кривых ПС меняется вместе с изменением гранулометрического состава песчаных образований. Кроме рассмотренной выше дисперсности пород, зависящей от литологического состава отложений, вскрываемых скважиной, на размер отклонения кривой ПС в той или иной мере могут оказывать влияние и другие факторы; минерализация пластовых вод, мощность пластов, изменение химического состава бурового раствора, масштаб записи и др.

Однако, если в пределах исследуемого стратиграфического интервала минерализация пластовых вод остается неизменной или меняется незначительно, а влияние мощности пластов, как это показали Л. П. Долина, Л. Ф. Иванчук, В. А. Барамзина, О. П. Иоффе и Г. В. Воронцова [18, 48] на примере юрских отложений Мангышлака, создает систематическую ошибку, изменяющую значение параметра в одну сторону, то это не мешает проведению сравнительного анализа отдельных пластов или пачек пород (особенно мощностью свыше двух метров), выделяемых по кривым ПС. С целью исключения влияния других факторов, и главным образом изменения химического состава буровых растворов и масштабов записи, нами использованы относительные значения ПС, или Апс.

Как известно, Апс представляет собой отношение значений кривой ПС изучаемого пласта к ее максимуму. Для этого на участке терригенного разреза, характеризующегося близкой минерализацией пластовых вод и мощностью пластов свыше 2 м, выделяют два опорных пласта.

Первым опорным пластом являются морские глины, лучше всего монтмориллонитового состава, характеризующиеся минимальным отклонением кривой ПС. Линию минимального отклонения принимают за нулевую, или линию глин.

Вторым опорным пластом служат чистые неглинистые пески, обладающие высокой пористостью и проницаемостью. Они отражаются на кривой ПС максимальными отклонениями и должны иметь развитие в пределах всей изучаемой площади. По максимальному отклонению кривой ПС для этого пласта проводят вторую линию, которая располагается параллельно первой. Эту линию называют линией песков. Расстояние между линией песков и линией глин принимают равным единице.

Таким образом, особенности метода самопроизвольной поляризации в условиях терригенного разреза при постоянной минерализации пластовых вод и повышенной мощности пластов (> 2 м) позволяют с помощью относительных значений Апс устранить влияние на характер кривой всех факторов, кроме относительной глинистости и размера обломочных частиц, т. е. выделить два наиболее важных литологических параметра, дающих возможность выявлять особенности седиментации терригенных осадков и оценивать коллекторские свойства пород.

В связи с этим кривые ПС были нами широко использованы для установления фациальной природы осадков и проведения палеогеографических реконструкций с целью локального прогнозирования песчаных тел-коллекторов, зон их выклинивания и связанных с ними ловушек литологического типа. Для этого были избраны регионы, продуктивные отложения в которых являются наиболее благоприятными для проведения подобного анализа. Такими оказались отложения средней юры Мангышлака, бобринского горизонта Среднего Поволжья, нижнемеловые осадки Широкого Приобья Западной Сибири. Так, по данным Н. А. Ирбэ [28], для территории Западно-Сибирской низменности характерна низкая и практически постоянная минерализация пластовых вод. Удельное электрическое сопротивление бурового раствора меняется в небольших пределах (в Широтном Приобье 30—40 Ом*м). Условия бурения и вскрытия пологозалегающих продуктивных пластов на всей территории Западной Сибири однотипны: везде ниже башмака кондуктора бурение ведется на пресной воде, диаметры скважин постоянны (0,2 м). Все это создает исключительно благоприятные условия для однозначной интерпретации кривых ПС. Благоприятными условиями для такой интерпретации обладают также юрские отложения, развитые в пределах Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака [Долина Л. П., Иванчук Л. Ф., Барамзина В. А., 1960 г.; Долина Л. П., Иванчук Л. Ф., Иоффе О. П. и др., 1972 г.], и осадки терригенного карбона Среднего Поволжья (бобринский горизонт).

Для уточнения старых и выявления новых связей между электрометрическими характеристиками и литофизическими свойствами горных пород на примере юрских продуктивных отложений Мангышлака был проведен совместный анализ кривых ПС и результатов лабораторных исследований образцов кернa. С этой

целью из интервалов со сплошным отбором кернa было взято 220 образцов, для которых удалось осуществить более или менее точную привязку к электрокаротажным кривым.

Проведенные нами детальные исследования кернового материала с изучением структурно-текстурных особенностей пород, их гранулометрического состава, физических свойств и т. д. позволили выявить тесную взаимосвязь количественного содержания глинистого материала в породе с ее гранулометрическим составом и фильтрационными свойствами. Было подтверждено, что с уве-

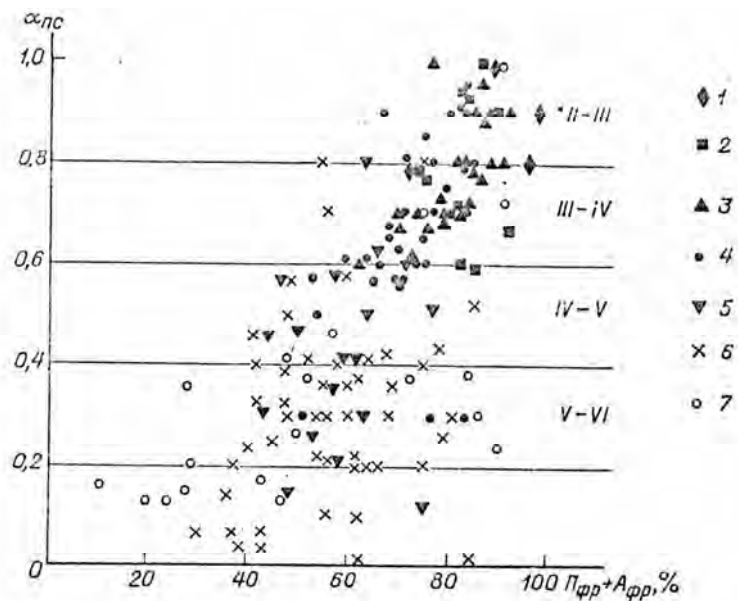


Рис. 2. Сопоставление параметра $\alpha_{пс}$ с процентным содержанием в породе песчано-алевритовой фракции ($П_{фр} + А_{фр}$) и проницаемостью.

Классы коллектор (проницаемость, мД): 1 - I (> 1000); 2 - II (1000-500); 3 - III (500-100); 4 - IV (100-10); 5 - V (10-1); 6 - VI (< 1); 7 - не определен. r - коэффициент корреляции $\alpha_{пс}$ и $П_{фр} + А_{фр}$ ($r = 0,55$). В СП 1Д ≈ 1 мкм².

личением крупности обломочного материала уменьшается количество глинистого материала и улучшаются фильтрационные свойства песчаных пород.

Сопоставление относительной амплитуды ПС с рядом гранулометрических параметров, и в частности с процентным содержанием в породе песчаной и алевритовой фракции (рис. 2), суммарной глинистой и алевритовой фракции (рис. 3,а), глинистой фракции (рис. 3,б) и с медианным размером зерен (рис. 4), а также с проницаемостью, позволило установить их тесную взаимосвязь. Некоторый разброс точек на этих графиках может быть объяснен, с одной стороны, недостаточно четкой привязкой образца в пределах интервала долбления, а с другой - методикой проводимого гранулометрического анализа, в результате которой отдельные зерна, истираясь в порошок, пополняли собой тонкозернистую глинистую фракцию.

Наиболее четкая зависимость отмечается между $\alpha_{пс}$ и медианным размером зерен (рис. 4). Тонкозернистые породы с медианным размером обломочных частиц до 0,03 мм занимают место в нижнем углу графика и располагаются до значения $\alpha_{пс} = 0,4$. Смешанные песчано-алеврито-глинистые породы с Md от 0,03 до 0,1 мм преобладают в интервале $\alpha_{пс} = 0,4-0,6$. При этом преимущественно

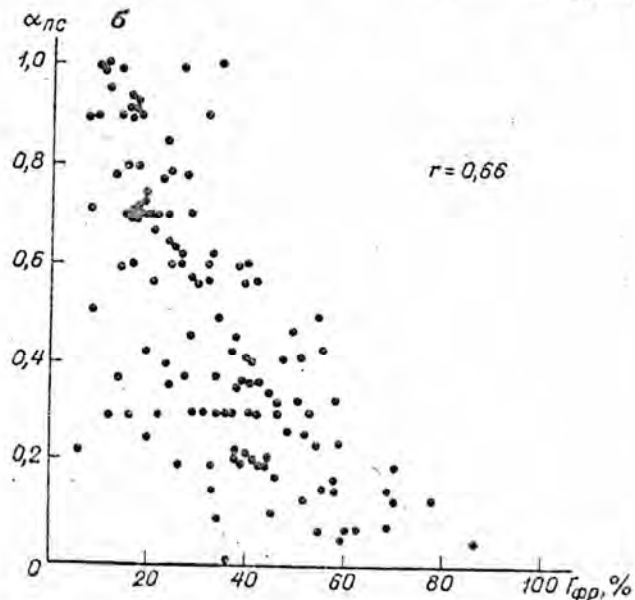
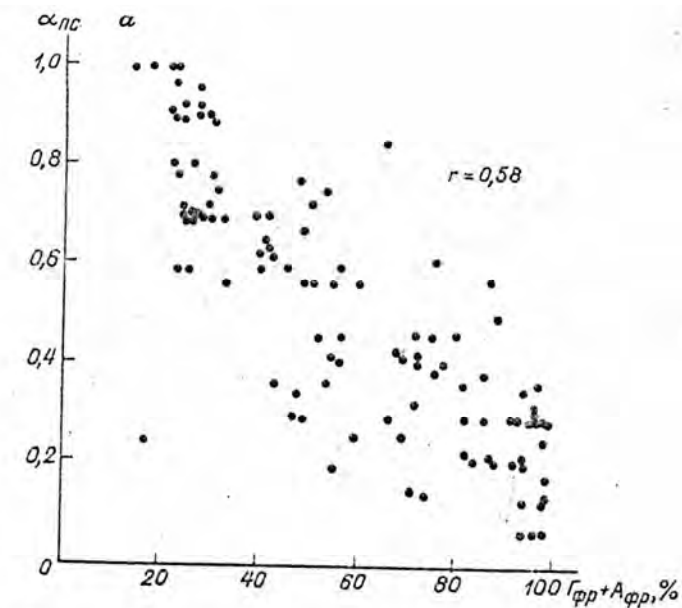


Рис. 3. Зависимость $\alpha_{пс}$ от содержания в породе глинистой и алевритовой ($Г_{фр} + А_{фр}$) - (а) и глинистой фракции ($Г_{фр}$) - (б).

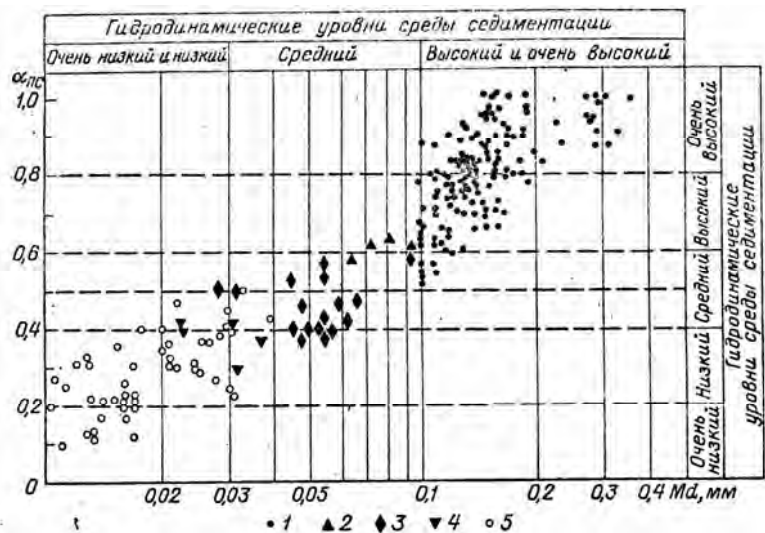


Рис. 4. Зависимость $\alpha_{ПС}$ от Md . Составил В. С. Муромцев.

1 — песчаники средне- и мелкозернистые; смешанные породы; 2 — алеврито-песчаные, 3 — песчано-алеврито-глинистые; 4 — глинисто-алевритовые, 5 — алевриты в разной степени глинистые; r — коэффициент корреляции ($r = 0,75$).

глинистые разности этих пород (глинисто-алевритовые) располагаются ниже линии $A_{пс0,5}$, а преимущественно песчаные (алеврито-песчаные) — выше этой линии. В связи с этим линия $A_{пс0,5}$ принимается за условную границу между песчаными породами-коллекторами и глинисто-алевритовыми породами-экранами. Смешанные породы входят как в породы-коллекторы, так и в породы-экраны, ухудшая качества тех или других. Песчаные породы, характеризующиеся медианными размерами от 0,1 до 0,4 мм, сосредоточены в правом верхнем углу графика. При этом в интервале $A_{пс}=0,6-0,8$ будут располагаться пески мелкозернистые, а в интервале $A_{пс}=0,8-1,0$ — пески крупно- и среднезернистые, неглинистые. Разброс точек по горизонтали в интервале $A_{пс}=0,8-1,0$ объясняется отсутствием глинистости в грубозернистых песках, вследствие чего кривая ПС практически перестает реагировать на увеличение в них размера зерен. Поскольку размер обломочных зерен и количественное содержание глинистого материала в породе отражают палеогидродинамические уровни водных потоков, а медианный размер обломочных зерен сопоставлен с относительными амплитудами кривой ПС, то, следовательно, значения ($A_{пс}$ соответствуют определенным палеогидродинамическим уровням среды седиментации. В связи со сказанным интервал значений $A_{пс}=0-0,2$ будет соответствовать глинам и алеврито-глинистым породам (чистые и алевритистые глины), формирование которых происходило при

очень низком палеогидродинамическом уровне среды седиментации (пятый гидродинамический уровень). Для интервала значений $A_{пс}=0,2-0,4$ характерно наличие алевролитов и глинисто-алевролитовых пород, накопившихся при низком (четвертом) палеогидродинамическом уровне. Интервал $A_{пс}=0,4-0,6$ отвечает смешанным (песчано-алеврито-глинистым) породам, отлагавшимся при среднем (третьем) гидродинамическом уровне. Интервалу $A_{пс}=0,6-0,8$ будут соответствовать пески мелкозернистые, в различной мере глинистые, образовавшиеся при высоком (втором) палеогидродинамическом уровне. Интервал $A_{пс}=0,8-1,0$ отвечает распространению песков крупно-среднезернистых, формирование которых происходило при очень высоком (первом) палеогидродинамическом уровне среды седиментации.

Установленная зависимость показывает, что каждой группе пород, формировавшейся при тех или иных палеогидродинамических уровнях, будет соответствовать приращение $A_{пс}$ на значение, равное 0,2. Эта зависимость, проверенная нами на ряде районов, будет, по-видимому, верна для всех бассейнов, сложенных песчано-глинистыми осадками.

Таким образом, может быть сделан важный вывод, что кривая ПС отражает палеогидродинамику среды седиментации, она может быть использована для изучения последовательности смены палеогидродинамических уровней как по разрезу, так и на площади. Это дает возможность устанавливать и проследить по данным каротажа пространственное размещение фации в различных обстановках осадконакопления.

На графике зависимости $A_{пс}$ от содержания в породе песчано-алевритовой фракции (рис. 2) фиксировался также класс коллектора. При этом мы исходили из широко известной классификации Л. А. Ханина [74], согласно которой классы коллекторов характеризуются следующей проницаемостью, мД: 1 - более 1000, 2 - 1000-500, 3 - 500-100, 4 - 100-10, 5 - 10-1, 6 - менее 1. Анализ графиков рис. 4 показал, что каждому интервалу значений $A_{пс}$ соответствуют определенные палеогидродинамические уровни, а каждому уровню в свою очередь — определенные классы коллекторов. Установление таких классов носит прогнозный характер и обеспечивает лишь сравнительную оценку о преобладающем развитии тех или иных классов коллекторов в той или иной части песчаного тела.

Для более точной оценки коллекторских свойств пород с помощью кривых ПС и ГК, необходимых при подсчетах запасов нефти и газа, существуют более совершенные методики [Дахнов В. Н., Вендельштейн Б. Ю., 1979 г.], которые учитывают целый ряд дополнительных факторов: минерализацию пластовых вод, активность глинистого цемента, его минеральный состав, степень катагенетических преобразований пород. Эти методики позволяют производить подсчет на уровне предъявляемых требований.

С целью получения количественной оценки зависимостей между электрометрическими характеристиками разреза (Апс) и литологическими свойствами пород нами совместно с НИИФ ЛГУ был проведен корреляционный анализ. Статистической обработке были подвергнуты лабораторные анализы образцов керн и данные, снятые с электрометрических кривых. Образцы для анализа выбирались из разных интервалов из всех основных литологических разновидностей пород, известных в продуктивных отложениях Мангышлака, и привязывались к каротажной кривой ПС. Каждый образец был подвергнут комплексным исследованиям с соответствующей обработкой полученных анализов. Из 12 проанализированных параметров, характеризующих различные свойства пород, слагающих изучаемый разрез, рассмотрим наиболее значимые для наших исследований: Пфр - содержание песчаной фракции, Гфр - содержание глинистой (фракции, Md - медианный и Mmax - максимальные размеры обломочного материала, S - коэффициент сортировки зерен, Кпор - коэффициент пористости, Кпр - коэффициент проницаемости, Апс - относительная амплитуда кривой ПС. С помощью этих параметров было исследовано 220 образцов из среднеюрского разреза по ряду скважин Жетыбайского и Узеньского месторождений. Интервалы исследований выбирались в участках разреза, различающихся между собой по литологическому составу пород и другим характеристикам. В результате корреляционного анализа были получены аналитические выражения зависимости между литологическими параметрами пород, пористостью, проницаемостью и относительной амплитудой ПС, которые сведены в корреляционную матрицу (рис. 5).

Для удобства анализа область значений коэффициентов корреляции ($0 \leq |K_{xy}| \leq 1$) разбита на три подмножества (или класса) по степени корреляции: $0 \leq |K_{xy}| \leq 0,33$ - слабая, $0,34 \leq |K_{xy}| \leq 0,66$ - средняя, $0,67 \leq |K_{xy}| \leq 1$ - сильная.

Корреляционный анализ литологических, физических (коллекторские свойства) и электрометрических параметров пород показал следующие результаты.

1. Литологические или гранулометрические параметры, отражающие гидродинамическую активность среды транспортировки и седиментации осадков, находятся в тесной корреляционной взаимосвязи (за исключением коэффициента сортировки).

Для параметра Пфр характерна сильная положительная корреляция с параметром Md и средняя положительная корреляция с Mmax. В свою очередь Md, помимо связи с Пфр, сильно положительно коррелирован с параметром Mmax. Существование подобной корреляционной зависимости между Пфр, Md и Mmax свидетельствует о совместном характере возрастания (убывания) значений этих параметров, т. е. при увеличении (уменьшении) в осадках песчаного материала возрастает (убывает) его крупозернистость.

	Σ Пфр	Афр	Гфр	Ккарб	Пфр+Афр	Афр+Гфр	Мmax	Md	S	Кпор	Кпр	α ПС
Σ Пфр	1	0,657	0,828	-0,142	0,618	0,750	0,611	0,691	-0,119	0,587	0,463	0,764
Афр		1	0,462	-0,012	-0,452	0,653	-0,487	-0,707	0,064	0,445	0,391	0,612
Гфр			1	0,03	-0,699	0,657	-0,545	-0,768	0,114	0,506	0,425	0,663
Ккарб				1	-0,139	-0,054	-0,067	-0,168	0,104	-0,231	-0,06	-0,155
Пфр+Афр					1	-0,252	0,435	0,620	-0,158	0,479	0,348	0,545
Афр+Гфр						1	-0,474	-0,676	0,097	0,368	-0,363	-0,584
Mmax							1	-0,695	-0,084	0,328	0,631	0,513
Md								1	-0,129	0,536	0,602	0,747
S									1	-0,155	-0,074	-0,104
Кпор										1	0,367	0,506
Кпр											1	0,430
α ПС												1

Рис. 5. Корреляционная матрица.

Корреляция: 1 — слабая ($\leq 0,33$); 2 — средняя ($0,34-0,66$); 3 — сильная ($0,67-1,0$); Σ Пфр — сумма песчаных фракций.

Параметр Гфр отрицательно коррелирован с Md, Mmax, Пфр, что указывает на наличие обратной зависимости между этими параметрами, т. е. с возрастанием (убыванием) в осадках глинистого материала уменьшается (возрастает) содержание песчаного материала и размерность обломочных зерен. Отсутствие корреляционной связи коэффициента сортировки S с остальными гранулометрическими параметрами объясняется, возможно, тем, что анализ проводился для пород, формировавшихся в различных фашиальных обстановках (континентальной и морской), а главное, что отсортированность обломочного материала обуславливается не столько динамикой транспортирующей среды, сколько продолжительностью или временем ее воздействия на осадок.

Выявленные корреляционные зависимости между гранулометрическими параметрами подтверждают выводы, сделанные на основании пространственного размещения этих параметров по ряду месторождений Мангышлака и Повховской площади Западной Сибири, т. е. зоны развития песчаных осадков характеризуются наиболее грубозернистым составом и незначительным содержанием глинистого материала. Как правило, это зоны действия активных водных потоков (речных на Мангышлаке и морских в Западной Сибири).

Хорошая сопоставимость зон, выделенных по различным гранулометрическим параметрам, и наличие тесной корреляционной связи между этими параметрами позволяют при необходимости использовать для палеогидродинамических реконструкций лишь один из упомянутых параметров, в частности содержание в породе песчаной фракции (Пфр), так как для получения этого параметра (в отличие от Md, Mmax и S) достаточно гранулометрических анализов, тогда как перечисленные выше параметры рассчитываются с помощью кумулятивной кривой.

2. Коллекторские свойства пород (открытая пористость и проницаемость) имеют достаточно тесную корреляционную связь ($0.33 \leq K \leq 0.66$) с песчаной (Пфр) и глинистой (Гфр) фракциями, максимальным (Mmax) и медианным (Md) размерами зерен, а с коэффициентом сортировки (S) связь практически отсутствует. Причем, если проницаемость наиболее тесно связана с параметрами Mmax и Md при значениях коэффициента корреляции соответственно 0,63 и 0,60, то открытая пористость - с параметрами Пфр и Md при коэффициентах корреляции 0,59 и 0,54. Параметр, Гфр связан с проницаемостью и открытой пористостью отрицательной корреляционной зависимостью.

Выявленные корреляционные связи между физическими и гранулометрическими параметрами позволяют прогнозировать коллекторские свойства (в случае отсутствия лабораторных данных) исходя из характера и особенностей распределения по площади гранулометрических параметров.

3. Относительная амплитуда кривой ПС находится в тесной положительной корреляционной связи с песчаной фракцией (0,76),

максимальными (0,51) и медианными (0,75) размерами зерен, пористостью (0,51) и проницаемостью (0,43), а также отрицательно коррелирована (-0,67) с глинистой фракцией.

В связи с тем что перечисленные выше параметры представляют собой первоначальные признаки, находящиеся в тесной зависимости от динамики среды седиментации, и отражают палеогидродинамические уровни, то каждому уровню, как это было показано на рисунке, будут соответствовать определенные интервалы значений Апс, равные 0,2. Таким образом, по значению Апс могут быть восстановлены палеогидродинамические уровни, а следовательно, условия среды седиментации.

Участки кривой ПС, на которых преобладают наибольшие отрицательные или положительные отклонения, выделяются соответственно под названием отрицательных или положительных аномалий. Линия Апс_{0,5} рассматривается как разделительная между песчаными и алевроито-глинистыми породами, по ней измеряется ширина аномалии, соответствующая мощности пласта. При характеристике различных типов аномалий и сопоставлении их друг с другом нами принят единый порядок описания (сверху вниз по мере углубления скважины) и разработана специальная терминология, позволяющая сравнивать между собой отдельные части аномалий, проводить их систематизацию и выявлять различия и сходства между собой.

Выявление аномалий в электрометрическом разрезе скважин соответствует по своему значению установлению в геологическом разрезе основных литогенетических пачек пород и является первой операцией при интерпретации кривых ПС и их корреляции. Все выделенные нами аномалии (при некотором их упрощении и геометрической формализации) по своей форме могут быть приведены к нескольким простым геометрическим фигурам или их сочетаниям и подразделяются на простые и сложные. Простыми будут считаться аномалии, имеющие вид простой геометрической фигуры (треугольник, четырехугольник). К сложным мы относим аномалии, представляющие собой сочетание нескольких геометрических фигур (треугольник и четырехугольник, треугольник, квадрат и четырехугольник и т. д.). Простые аномалии, приближающиеся по своей форме к треугольникам, будут образованы двумя сходящимися линиями: верхней, выделяемой нами под названием кровельной, и нижней - подошвенной. Простые аномалии, имеющие вид четырехугольника, кроме указанных кровельной и подошвенной, обладают еще и третьей ограничивающей линией - боковой. Все три ограничивающие линии обязательны и для сложно построенных аномалий (рис. 6).

Под кровельной и подошвенной линиями аномалии мы понимаем не только отрезки, ограничивающие верхнюю и нижнюю ее части, но и их продолжение (за линией Апс_{0,5}) в пределы соседних аномалий, так как это даст возможность анализировать более

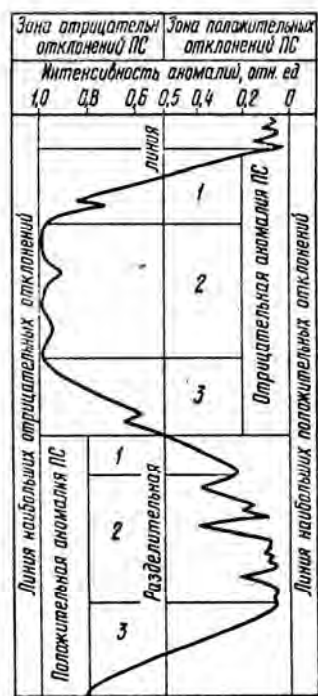


Рис. 6. Морфология аномалий кривых ПС.
Части кривой: 1 — верхняя, 2 — средняя, 3 — нижняя.

значительные участки кривых, а следовательно, и более точно определять общую направленность процесса осадконакопления.

Наклон и степень расчлененности ограничивающих аномалию линий служат отличительными признаками, отражающими характер смены литологического состава и динамических уровней осадконакопления по разрезу. С целью единого понимания терминов нами приняты некоторые допущения. Так, кровельная и подошвенная линии принимаются за горизонтальные в том случае, если наклон их не превышает 10° в любую сторону от горизонтали, и считаются наклонными, если угол наклона превышает 15° . Такие допущения, а также геометрическая формализация аномалий дают возможность применять математические методы обработки кривых ПС с целью автоматизированного выделения различных типов аномалий, снятия и расчета ряда электрометрических параметров, что в значительной мере ускоряет процесс обработки каротажных кривых, делая его более оперативным.

Таким образом, при выделении и локальном прогнозировании песчаных тел - литологических ловушек нефти и газа нами использовались как качественные, так и количественные электрометрические характеристики. Используя электрометрические характеристики, и в частности значения Апс, соответствующие определенным палеогидродинамическим уровням (режимам) седиментации, и

седиментологические модели фаций, показывающие смену этих уровней во времени, можно построить электрометрическую модель фации. Электрометрической моделью фации мы называем отрезок кривой ПС, образованный одной или несколькими аномалиями, увязанными с граничными значениями Апс и отражающими изменения литофизических свойств пород, обусловленные характерной последовательностью смены палеогидродинамических уровней среды седиментации во времени. Чередование сходных электрометрических моделей фаций или их групп позволяет выявлять электрометрические характеристики ритмов или нескольких однородных ритмов, следующих в разрезе друг за другом (пачки ритмов), т. е. определять электрометрические модели ритмов того или иного генезиса и использовать этот признак для корреляции скважин по каротажу.

Как отмечалось выше, кроме метода собственных потенциалов данные об изменении литологического состава пород можно получить с помощью метода естественной гамма-активности (ГК)*. Поскольку методы ПС и ГК дают сходную информацию, кривые ГК могут использоваться в тех случаях, когда появляется необходимость для более точного определения коллекторских свойств пород, уточнения границ и мощности пластов коллекторов (при подсчете запасов нефти и газа), особенно в тех случаях, когда в разрезе известны слои, не обладающие коллекторскими свойствами (песчаники и алевролиты с преобладанием карбонатного или силикатного цемента), но характеризующиеся отрицательными отклонениями кривой ПС [Дахнов В. Н., Вендельштейн Б. Ю., Резванов Р.А. и др., 1979 г.].

Гамма-каротаж позволяет также уточнять и коррелировать характер изменения литологического состава пород, устанавливаемый по кривой ПС для определения фациальной природы осадка. Наконец, этот метод дает возможность самостоятельно получать данные о литологическом составе пород в обсаженных стволах скважин при бурении на соленом буровом растворе или с применением нефтяных эмульсий, т. е. в тех случаях, когда метод ПС вообще не может быть использован.

Метод ГК основан на изменении естественной радиоактивности горных пород, которая обусловлена присутствием в них радиоактивных элементов. Они образуются при формировании глин, и в частности при разложении полевых шпатов (особенно калиевых). При этом образуются радиоактивные изотопы: $^{40}\text{K}_{19}$, $^{226}\text{Ra}_{88}$, $^{238}\text{U}_{92}$, $^{232}\text{Th}_{90}$ [39]. Кроме того, высокая радиоактивность обуславливается также способностью некоторых горных пород (например, глин) адсорбировать радиоактивные минералы.

* По ГК устанавливается относительная глинистость ($\Delta\gamma$), которая для чистых глин будет иметь максимальное значение ($\Delta\gamma=1.0$), а для чистых песков - минимальное ($\Delta\gamma=0$).

ралы. Наиболее высокой радиоактивностью обладают чистые глины морского генезиса, содержащие монтмориллонит [Дахнов В. Н., Вендельштейн Б. Ю., Резванов Р. А. и др., 1979 г.], в то время как чистые (неглинистые) кварцевые пески характеризуются минимальной гамма-активностью. В связи с этим электрометрические модели фаций, разработанные на основании изучения кривых самопроизвольной поляризации, будут в формализованном виде близкими к моделям, полученным с помощью гамма-метода. С целью проверки возможностей гамма-метода были проведены специальные наблюдения в районе Арабатской стрелки, которая представляет собой современный барьерный остров, отделяющий Азовское море от Сивашского озера. Барьерный остров возник в результате осушения вдольберегового бара, протягивающегося вдоль восточного берега Крыма на 130 км, в связи с регрессией бассейна в древнечерноморское время. Исследования кривых ГК в многочисленных гидрогеологических скважинах, вскрывающих песчаные отложения современного барьерного острова, показали, что построенная радиометрическая модель отложений этой фации является сходной с электрометрической моделью, созданной в результате анализа кривых ПС.

Обработка двух кривых (ПС и ГК) по всему изучаемому разрезу в подавляющем большинстве случаев не целесообразна (особенно в условиях уже изученного разреза), так как мало вносит дополнительной информации (до 10—15%), но в два раза увеличивает затраты рабочего времени на обработку данных, что резко снижает оперативность метода, являющуюся одной из его особенностей.

Таким образом, основным источником литологической информации при изучении особенностей строения, выделении и картировании, установлении генезиса песчаных тел - литологических ловушек нефти и газа и их локальном прогнозировании следует считать метод самопроизвольной поляризации, а гамма-метод необходимо рассматривать главным образом как дополняющий и корректирующий.

Остальные широко применяемые электрометрические методы исследования скважин, входящие в стандартный набор (градиент-зонд, потенциал-зонд, боковое зондирование, микрозондирование и др.), применялись нами в зависимости от поставленных геологических задач и литофизических особенностей исследуемых отложений, главным образом для расчленения разреза, выделения ритмов и их корреляции.

Так, например, при выделении ритмов в терригенном карбоне Куйбышевского Поволжья помимо ПС и ГК широко применялся метод кажущегося сопротивления (КС), а при изучении юрских продуктивных отложений Мангышлака его применение оказалось затруднительным, поскольку по удельному кажущемуся сопротивлению эти отложения относятся к низкоомным (0.4—14 Ом*м).

Данные измерения диаметров скважин (ДС) в большинстве случаев использовались как дополнительные в сочетании с другими методами исследований.

В заключение необходимо отметить, что предыдущими исследователями [93, 97, 98] использовались только качественные характеристики (форма) кривых ПС для установления отложений, образовавшихся в определенных условиях. При этом часто не учитывались особенности распределения и палеогидродинамика отложений той или иной фации, вследствие чего и формы кривых ПС не всегда отражали наиболее типичные для данных отложений особенности.

Электрометрические характеристики не были строго привязаны к фациальным характеристикам, не было установлено полифациальное строение песчаных тел, механизм их формирования, не учитывалось влияние на кривую ПС ряда факторов не связанных с изменением литофизических свойств пород. Не были разработаны теоретические и методические основы проведения по данным каротажа скважин детальных палеогеографических реконструкций, имеющих решающее значение при поисках литологических и стратиграфических ловушек нефти и газа.

Установленные нами электрометрические модели фаций отличаются от предложенных ранее форм кривых ПС следующим:

- 1) электрометрические модели созданы на основе впервые определенных для каждой фации седиментологических моделей и их формул;
- 2) для электрометрических моделей фаций разработана система диагностических признаков, дающих возможность не только выявлять их различия, но и находить на электрометрических разрезах скважин сходные аномалии и определять их генезис;
- 3) электрометрические модели фаций, увязанные с граничными значениями Апс, позволяют широко применять их для получения количественных показателей, используемых при детальных палеогеографических реконструкциях, и осуществлять локальный прогноз ловушек литологического типа;
- 4) электрометрические модели созданы для большинства древних фаций, аналоги которых известны среди современных аллювиальных и прибрежно-морских осадков;
- 5) впервые определены формы кривых ПС и разработаны электрометрические модели фаций русловых отложений спрямленных, фуркирующих, ограниченно- и интенсивно-меандрирующих рек, береговых валов, песков разливов, временно заливаемых участков пойм, пойменных озер и болот. Среди прибрежно-морских отложений были установлены типы кривых и электрометрические модели фаций барьерных островов, промоин разрывных течений, их головных частей, устьевых баров, пляжей, приморских болот, забаровых лагун и вдольбереговых промоин, открытого моря и крупных морских заливов. Уточнены формы кривых и разработаны электрометрические модели для фаций вдольбереговых регрессивных и

трансгрессивных баров. Установлены седиментологические и электрометрические модели для групп фаций, слагающих дельтовые комплексы палеорек. Установление седиментологических и электрометрических моделей, для большинства фаций значительно расширяет возможности и повышает детальность палеогеографических реконструкций с помощью промысловой геофизики;

б) геометрически формализованные формы электрометрических моделей фаций могут быть использованы и при анализе кривых, полученных методом естественной гамма-активности.

Электрометрические модели ритмов различного генезиса и поэтапная корреляция разрезов

Детальный ритмостратиграфический анализ является основой для выделения и установления пространственного размещения песчаных тел и экранирующих их глинистых пород на локальных участках. В настоящее время в геологии нет другого метода, с помощью которого можно было бы обеспечить в пределах ограниченных участков (месторождения, группы месторождений, тектонической зоны) детальную корреляцию отложений бедных органическими остатками и не содержащих четко выраженных маркирующих горизонтов. Однако в настоящее время выделение ритмов может осуществляться лишь на основе изучения электрометрических разрезов скважин путем использования различных видов каротажа, и в первую очередь кривых ПС.

В связи с этим под электрометрической моделью ритма мы понимаем ряд характерных электрометрических аномалий, обнаруживающих тенденцию к многократному повторению в определенной последовательности на изучаемом отрезке каротажной кривой. Электрометрические модели ритмов различного генезиса отличаются друг от друга по характеру размещения положительных и отрицательных аномалий, соответствующих положению в разрезе ритма песчаных и глинистых пород. Используя седиментологические и электрометрические модели фации может быть определен генезис входящих в ритм отложений, а следовательно, установлена генетическая природа самого ритма. Это дает возможность создать электрометрические модели для ритмов различного генезиса. Знание генетической природы ритмов открывает новые возможности для корреляции как самих ритмов, так и их частей. Ритмы разного генезиса отличаются друг от друга по индивидуальным особенностям кривой ПС. Наиболее характерные ритмы, прослеженные в пределах изучаемой площади, могут использоваться как локальные опорные горизонты.

Выделение ритмов и установление их природы по данным каротажа скважин позволяет широко применять ритмостратиграфический анализ в скважинах, пробуренных без отбора керна. При детальной корреляции электрометрических разрезов скважин и разработке локальных стратиграфических схем желательна привязка

выделенных ритмов к местным стратиграфическим и корреляционным схемам, основанным на палеонтологических, палеоботанических и литологических данных.

При изучении отложений юрской продуктивной толщи Мангышлака и нижнего мела Широкого Приобья Западной Сибири нами была использована ступенчатая корреляция электрометрических разрезов скважин, заключающаяся в том, что вначале последовательно коррелировались между собой более крупные объекты - пачки ритмов и ритмы, создающие скелетную основу будущей локальной корреляционной схемы. Затем (на втором этапе) сопоставлялись более мелкие объекты (части ритмов, продуктивные горизонты), расположенные в пределах уже скоррелированных более крупных единиц.

И наконец, на последнем этапе увязывались отдельные слои (аномалии), соответствующие песчаным телам. Такой метод корреляции позволяет избежать значительных ошибок при сопоставлении отдельных слоев и обеспечить выявление как крупных песчаных тел, так и тел небольшой мощности в пределах выбранного для изучения интервала разреза. При выявлении ритмов по данным каротажа, уточнении их границ и строения использовались все виды каротажных кривых. Причем в различных регионах набор их менялся в связи с геофизическими особенностями разреза, геологическим строением региона и методикой вскрытия разреза скважинами.

СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФАЦИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ, ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ И ДЕЛЬТОВОЙ (ПЕРЕХОДНОЙ) ОБСТАНОВОК ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Седиментологические и электрометрические модели фаций устанавливались в различных нефтегазоносных бассейнах страны в отложения, сложенных терригенными осадками различного возраста: средняя и верхняя юра Мангышлака, нижний мел Западной Сибири, нижний карбон (бобринский горизонт) Среднего и Нижнего Поволжья. Наиболее детально были исследованы юрские отложения Мангышлака, формировавшиеся в континентальной, дельтовой, и прибрежно-морской обстановках. Сочетания обнаженных участков и многочисленных скважин, вскрывающих юрскую продуктивную толщу, позволили путем детальных комплексных исследований отложений наиболее характерных фаций определить последовательность смены палеогидродинамических уровней среды седиментации для каждой из них и установить их седиментологические, модели. По седиментологическим моделям отложения разных фаций устанавливались в керне скважин, а по каротажу определялись соответствующие им электрометрические характеристики. Наиболее типичные из них принимались в качестве электрометрических моделей фаций.

Электрометрические модели фаций дают в руки исследователей возможность широкого использования данных каротажа для создания детальных палеогеографических реконструкций, являющихся основой выявления и локального прогнозирования песчаных тел-коллекторов, с которыми могут быть связаны литологические ловушки нефти и газа.

Континентальная обстановка осадконакопления

В континентальной обстановке литологические залежи нефти и газа быва-ют приурочены главным образом к аллювиальным и в меньшей степени к пролювиальным и золовым отложениям [7, 13, 34, 40, 46, 58, 68]. В связи с этим основное внимание было обращено на изучение условий формирования, особенностей строения и пространственного размещения песчаных тел-коллекторов и глинистых пород-экранов, образуемых палеореками различных типов. Поскольку осадки пролювиального и особенно золowego генезиса в изучаемом районе, имели ограниченное развитие, им были да-ны лишь краткие описания. Электрометрические модели песчано-галечниковых тел временных потоков оказались близкими к моделям ру-словых отмелей рек фуркирующего типа. Что касается отложений фации дюн, то электрометрические модели для них были созданы на основе опубликованных электрометрических разрезов осадков этого генезиса, а также имеющихся в нашем распоряжении описаний слагающих их пород.

Аллювиальный комплекс фаций. Русла древних рек, выполненные пес-чаными и песчано-галечниковыми образованиями и перекрытые глинисты-ми отложениями пойм, представляют собой исключительно благоприятное сочетание хорошо проницаемых и непроницаемых пород, столь необходи-мое для формирования скоплений углеводородов. В связи с этим песчаные тела аллювиального генезиса представляют большой интерес при поисках залежей нефти и газа в ловушках литологического типа.

Изучению современных аллювиальных отложений и условий их формиро-вания посвящены работы Б. А. Аполова [2], И. П. Карташова [1961 г.], В. В. Ламакина [38], В. Н. Михайлова [49], В. Н. Михайлова и М. М. Рогова [50], И. В. Попова [1977 г.], В. В. Ромашина [62], Е. В. Шанцера [78], а изучению древних аллювиальных отложений - Л. И. Ботвинкиной, А. П. Феофиловой, В. С. Яблокова [1954 г.], Е. П. Брунс [1939 г., 1940 г.], Ю. А. Жем-чужникова [21], В. И. Попова [1950 г.], М. В. Проницовой [1975 г.], П. П. Тимофеева [691, А. П. Феофиловой [72], В. Ф. Шульги [1973], В. С. Яблокова [1973 г.] и ряда иностранных авторов (Ф. Петтиджона, П. Поттера, Р. Сивера [58]; R. R. Berg, 1968 г.; A. B. Dickas, G. L. Payn. 1967 г.; P. H. Potter e. a., 1958г.: I. S. Schlee, R. H. Moench, 1961 г.; J. W. Shelton, 1967 г.; W. Z. Stokes, 1961 г.)).

Современные реки по характеру строения русел подразделяются на три типа [21, 78, 91]: извилистые (меандрирующие), ветвящиеся (фуркирую-щие), спрямленные. Эта классификация была использована нами при изу-чении древних речных систем в мезозойских и палеозойских отложениях Мангышлака и Среднего Поволжья.

Наибольший интерес представляют юрские отложения Мангышлака, где различные типы погребенных речных систем можно изучать в естествен-ных выходах на дневную поверхность. Эти обнажения располагаются в не-посредственной близости от нефтяных месторождений, где к пескам, вы-полняющим русла древних рек, приурочены скопления нефти и газа. Для того чтобы подойти к реконструкции условий образования юрских речных осадков Мангышлака, следует остановиться на рассмотрении некоторых наиболее важных аспектов деятельности речных систем.

Работами многих исследователей [2, 4, 5, 6, 21, 38, 45, 58, 72, 76 и др.] бы-ло показано, что осадконакопление в современных реках, как и в их древ-них аналогах, происходило в условиях меняющихся скоростей турбулент-ного водного потока, неоднородного строения русла, меняющегося релье-фа. Все это приводило к сложному распределению участков интенсивного размыва русла в зоне наибольших скоростей потока (стрежневая зона ре-ки) и накоплению продуктов размыва в зоне ослабленных течений, где формировались русловые отмели. Распределение осадков в русле связано с тем, что продукты разрушения, образуемые в зоне размыва, неравномерно разносятся по дну реки в зависимости от скорости течения, размера и веса обломков. Наиболее крупные из них, которые река не способна пере-мещать, остаются на месте или перемещаются на небольшие расстояния, более мелкие выносятся к противоположному берегу поперечным течени-ем и по мере ослабления силы водной струи оседают. Еще более мелкие увлекаются потоком вниз по течению реки на большие расстояния, а гли-нистые частицы переходят во взвешенное состояние и находятся в таком положении длительное время. Таким образом, в русле реки происходит размыв и разрушение одного его борта и наращивание противоположного, куда переносится основная масса образовавшегося обломочного матери-ала. В результате этого постоянно действующего процесса русло реки по-степенно перемещается в боковом направлении (боковая эрозия), образуя петлеобразные изгибы - меандры. Возникновение меандров, пишет Е. В. Шанцер [78, с. 194], «есть прежде всего выражение внутренней динамики движения турбулентной структуры потока, в силу которой наряду с про-дольными всегда имеются и поперечные составляющие скоростей», что является наиболее естественной формой для данных гидродинамических условий. Длительные перемещения русла в одном направлении приводят к формированию песчаных тел, имеющих вид пласта и протягивающихся на большие расстояния.

Как было показано Е. В. Шанцером [78], все твердые частицы, переноси-мые рекой, делятся на две группы: влекомые по дну и

находящиеся во взвешенном состоянии. Первые отлагаются в пределах русла, вторые могут переноситься на очень большие расстояния за его пределы, формируя глинистые осадки поймы. В связи с этим аллювиальные образования всегда состоят из двух частей. Нижнюю часть составляют преимущественно песчаные отложения русел, в то время как верхнюю - глинистые осадки пойм. Именно таким двучленным строением аллювиальных осадков при их многократном повторении следует объяснять ритмическое чередование в разрезе песчаных и глинистых слоев [78, 81].

Песчаные частицы накапливаются в пределах русла неравномерно. Под действием течений, имеющих различную скорость в разных частях русла, неровностей дна и других причин они формируют перемежающиеся вниз по реке волнообразные поднятия - гряды. Эти гряды имеют асимметричное строение: крутые склоны их обращены вниз по течению реки, а пологие - вверх. Движение гряд происходит за счет переноса обломочных частиц с пологого склона (в результате его размыва) на крутой, где они и накапливаются, образуя косые слойки. Частично размываемые и погребенные под более молодыми отложениями песчаные гряды образуют в ископаемом состоянии косослоистые серии, так часто наблюдаемые в естественных обнажениях.

Хорошо известно, что каждая речная система, в том числе и реки далекого прошлого, проходили три этапа своего развития:

молодость, зрелость, старость [21, 78]. В период молодости река ведет интенсивное углубление русла и транспортирует продукты разрушения вниз по течению в зоны седиментации. Скорость течения водного потока в этот период наибольшая, а русло относительно прямое. В русле накапливается лишь незначительное количество терригенных осадков. В период зрелости река, углубив русло и достигнув профиля равновесия, ведет главным образом размыв его за счет боковой эрозии, образуя многочисленные изгибы-меандры. В результате этих изгибов длина русла возрастает, хотя наклон его остается прежним. Это приводит к уменьшению скорости водного потока. Продукты разрушения уже не могут быть вынесены в область седиментации и начинают откладываться в пределах русла в виде русловых отмелей, размер которых постепенно возрастает: идет образование песчаных тел. В этот период Широкого развития достигают речные поймы, формирующиеся на русловых отмелях. Старость реки характеризуется дальнейшим ростом меандр и увеличением длины русла: русловые отмели достигают наибольшего размера. Течение реки настолько замедляется, что река на отдельных своих участках - оказывается неспособной транспортировать продукты разрушения. Происходит закупоривание русла и река распадается на ряд изолированных друг от друга водоемов—стариц. Продукты разрушения заполняют русловый врез: песчаное тело полностью завершает свое формирование. На поверхности образованного песчаного тела начинают откладываться глинистые осадки речной поймы [78].

Отрезок времени, в течение которого река проходит все три этапа своего развития, выделяется нами под названием стадии. В том случае, если участок земной коры, где проходит русло реки, начинает испытывать медленные опускания, то со временем на пойменных отложениях в данном участке будут снова откладываться отложения русла новой, более поздней стадии той же реки, которая вновь завершится пойменными отложениями. Несколько стадий, наложенных друг на друга, образуют ритмы, а несколько ритмов в свою очередь более крупную единицу - пачку ритмов. При длительном погружении участка земной коры может сформироваться мощная толща аллювиальных отложений, сложенных ритмически чередующимися песчано-глинистыми осадками.

Ритмы в аллювиальных отложениях отражают крупные изменения климатических условий или колебательных движений земной коры, вызванных тектоническими причинами. Так, в случае восходящих движений земной коры разница высот между устьем реки и ее верховьем возрастает, что ведет к увеличению скорости водного потока. Старое извилистое русло оказывается непригодным для быстрого сброса вод. Река прорывает себе новое русло, приспособлявая его к изменившимся гидродинамическим условиям, - происходит омолаживание речной системы [21, 37. 78, 81]. Если разница высот будет продолжать возрастать, то река на этом участке из меандрирующей может превратиться в фуркирующую. Такой тип реки возникает при больших скоростях водного потока и большом количестве стекающей воды в периоды обильных дождей или таяния снегов. Таким образом, если меандрирующие реки являются преимущественно реками равнинного типа, то фуркирующие наиболее характерны для горного рельефа. Переходы одних типов рек в другие в пределах одной речной системы являются результатом естественного приспособления к изменявшимся гидродинамическим условиям. Такие явления, по-видимому, имели место и в более отдаленные времена и были столь же обычными, как и в настоящее время [78]. Наиболее часто в ископаемом состоянии сохраняются низовья древних рек, в то время как другие их участки могут захороняться лишь в исключительных условиях (оказаться в грабене или погруженном крыле сброса).

Группы фаций речных русел и пойм. Изучение современных речных отложений дает представление лишь об одном из кратковременных моментов развития речной системы в пределах той или иной территории, в то время как исследование древних аллювиальных осадков в естественных обнажениях и в скважинах позволяет проследить весь процесс эволюции речной системы в течение длительного отрезка времени. Древние реки так же, как и современные, реагировали на изменение рельефа и климата, приспособлявая свои русла к тем или иным палеогидродинамическим условиям. Это находило свое отражение в морфологии, составе, строении песчаных и глинистых пород, выполняющих долины палеорек. В пределах Мангышлака обнаружены и исследо-

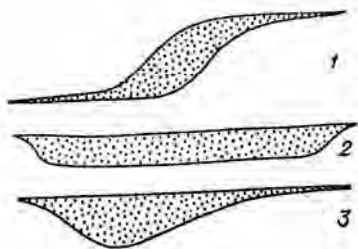


Рис. 7. Типы простых песчаных тел, образованных меандрирующими реками.

Песчаное тело: 1 — линзообразно-вогнутое; 2 — пластообразно-вогнутое; 3 — линзообразно-выпуклое.

ваны погребенные русла юрских рек, среди которых установлены те же типы речных систем, которые выделяются для их современных аналогов.

На основании проведенных наблюдений разработана типовая модель распределения фаций в отложениях древних рек, выявлены особенности строения и формирования русловых и пойменных осадков в речных системах различных типов. Определена последовательность смены палеогидродинамических уровней для изученных фаций, установлены их седиментологические и электрометрические модели. Известно, что для аллювиальных отложений наиболее важными первоначальными признаками являются форма поперечного сечения песчаного тела, выполняющего русло, уменьшение зернистости и увеличение глинистости вверх по разрезу, а также характер контактов. Если три последних признака характерны для всех аллювиальных отложений, то первый - форма песчаного тела - в значительной мере зависит от типа реки, в которой происходило его формирование. Среди песчаных тел, приуроченных к руслам палеорек, нами выделены три группы, различающиеся по форме поперечных сечений: линзообразно-вогнутые, пластообразно-вогнутые и линзообразно-выпуклые (рис. 7). Первая из них связана с реками спрямленного типа, а две другие - с реками меандрирующего типа.

Как уже отмечалось, песчаные тела аллювиального генезиса в большинстве своем являются полифациальными образованиями, поскольку кроме фации русловых отмелей они включают в себя фации внешних (песчаных) частей пойм (стариц, береговых валов, песков разливов), располагающихся в их краевых частях и связанных с ними постепенными переходами. Еще дальше от русла песчаные отложения внешней части поймы постепенно переходят в ее внутреннюю (глинистую) часть.

Фации русловых отмелей равнинных меандрирующих рек. Изучение отложений равнинных меандрирующих рек проводилось в районах Восточного Мангышлака (уроч. Тынымбай), где во взброшенном крыле регионального разлома нами были обнаружены остатки крупной равнинной реки юрского (ааленского) времени (рис. 8).

Сплошная обнаженность участка на протяжении нескольких километров дала возможность исследовать во всех деталях строе-

ние речной системы в поперечном сечении и выделить ископаемые аналоги большинства фаций, известных в современных реках.

Проследивая изменение строения речных русел в течение длительного (геологического) времени, можно видеть, что палеорека неоднократно переходила от одного типа к другому (от интенсивно-меандрирующей к фуркирующей) в связи с изменениями климатических условий и колебаниями базиса эрозии. Причем каждый раз река перестраивала свое русло, приводя его в соответствие с новой гидрологической обстановкой. В естественных обнажениях уроч. Тынымбай (рис. 8) можно наблюдать особенности строения песчаных тел, образованных отложениями интенсивно-меандрирующей (XV ритм, 1 стадия) и фуркирующей (XIV ритм, 3 стадия) рек. Изучение этих отложений послужило основой для создания типовых моделей формирования и пространственного размещения фаций этих рек, их седиментологических и электрометрических моделей.

Интенсивно-меандрирующие реки образуют пластообразно-вогнутые тела, достигающие значительной ширины, что связано с интенсивной миграцией русла в пределах речной долины и широким развитием отложений русловых отмелей, заполняющих постепенно всю речную долину. Схема формирования этих песчаных тел показана на рис. 9. Формирование таких пластообразно-вогнутых песчаных тел является характерной особенностью крупных меандрирующих рек, достигающих равновесия и интенсивно расширяющих свою долину в условиях стабильного положения базиса эрозии.

Песчаное тело представлено однообразной толщей косослоистых песчаников коричневато-розоватых и желтовато-серых плотных, залегающих с размывом на отложениях нижней юры. Подошва горизонтальная с небольшими карманами. К ней приурочена галька изверженных пород, кварца, черного кремня размером 0,02-0,05 м. Кровля горизонтальная. Мощность песчаного тела 8-12 м. В нижней части оно представлено крупно- и среднезернистыми песчаниками, имеющими крупную очень пологую косую слоистость. Мощность серий достигает 1,3-2,0 м, а ширина - 10-12 м. Косые слойки вогнутые, параллельные, иногда подстилающие; их мощность 0,01-0,08 м. К основанию серий приурочен гравийный материал и редкая мелкая галька кварца (рис. 10).

Вверх по разрезу песчаного тела наблюдается уменьшение зернистости обломочного материала (до мелкозернистого) и сокращение мощностей косослоистых серий от 1,3 м до 0,10 м. Залегающие выше отложения поймы в нижней части сложены также песчаными осадками, представленными серыми, желтовато-серыми, иногда белыми средне- и мелкозернистыми песчаными разностями, сформированными в условиях боковых проток (врезы которых не превышают 2,0-3,0 м), стариц, береговых валов. Слоистость песков различная от косой до горизонтальной. Переход песков русловых отмелей к пескам нижней части поймы постепенный.

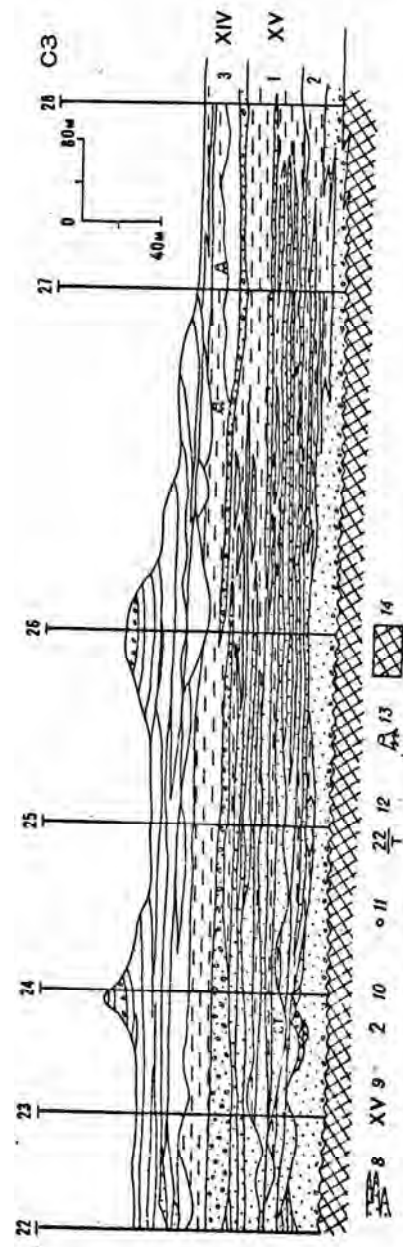
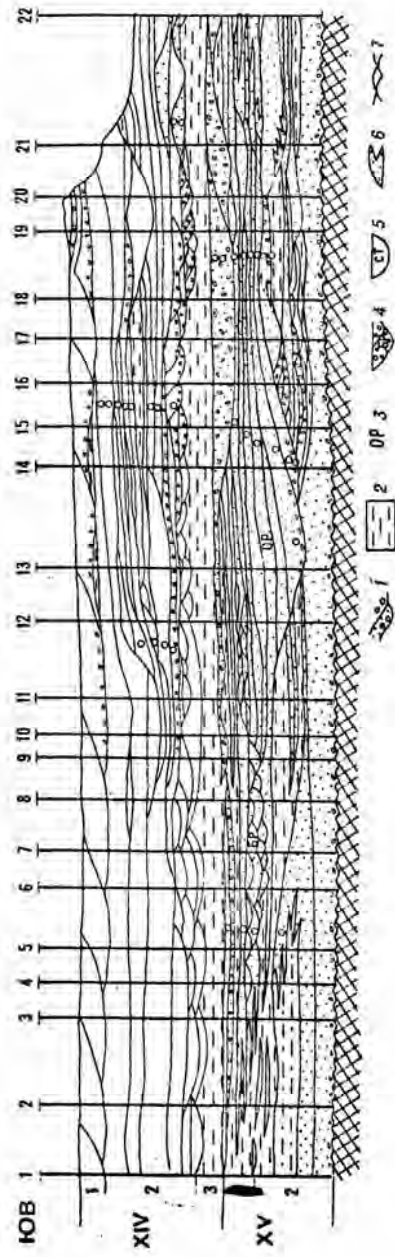


Рис. 8. Характер залегания осадков речной системы равнинного типа юрского (залесского) времени в районе уроч. Тынмыбай на Восточном Мангышлаке. Составил В. С. Муромцев.

1 — аллювиальные пески и конгломераты; 2 — пойменные галы и известняки; 3 — основное русло плесорек; 4 — боковые русла (протоки); 5 — старицы; 6 — береговые валы; 7 — дюны; 8 — пески разливов; 9 — номера стадий ритмов; 10 — номера ритмов; 11 — места впадин ритмов; 12 — мезочленные разрезы; 13 — вертикально стоящие стволы деревьев; 14 — отложения нижней юры.

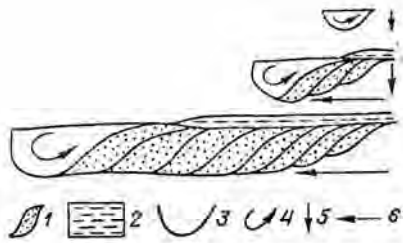


Рис. 9. Схема формирования пластообразно-вогнутого песчаного тела, образованного интенсивно-меандрирующей рекой равнинного типа.

1 - элементы, составляющие песчаное тело; 2 - отложения поймы; 3 - границы руслового вреза; 4 - направление вращения турбулентного потока; 5 - глубинная эрозия; 6 - боковая эрозия.

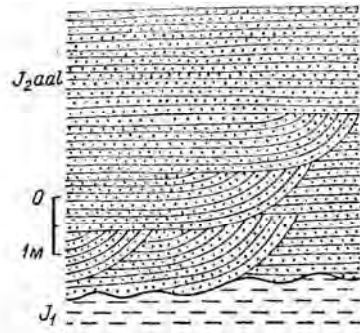


Рис. 10. Крупная очень пологая мутьдообразная косая слоистость.

XV ритм, 2 стадия, уроч. Ганямбай, Восточный Мангышлак. Ширина мутьлы от 10 - 12 м. Русловая отмель крупной равнинной реки.

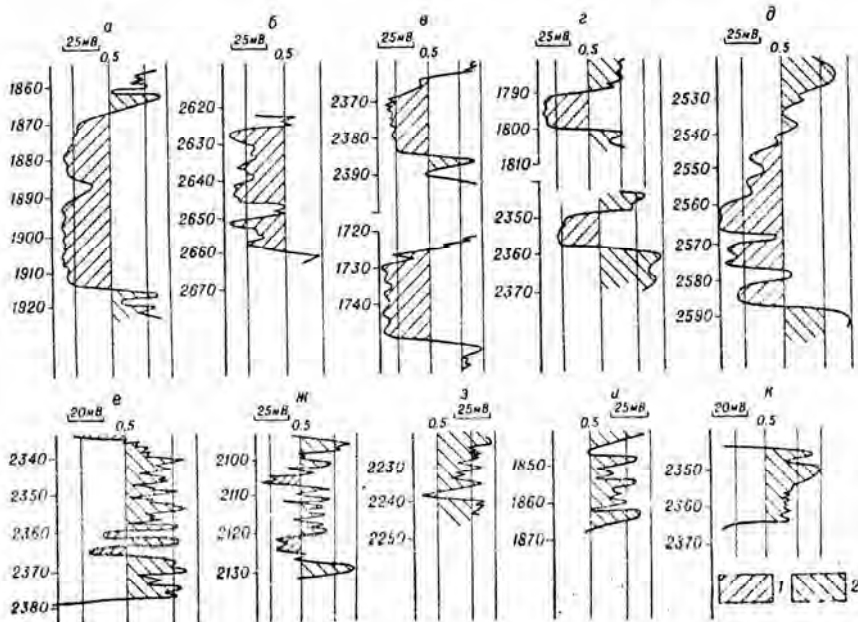


Рис. 11. Типовые электрометрические модели отложений асимметричных фаций. Составил В. С. Муромцев.

Электрометрические модели фаций: а - русел рек ограниченно-меандрирующего типа, б - русел рек формируемого типа, в - боковых русел и провалов меандрирующих рек, г - русел рек интенсивно-меандрирующего типа, переходящих в старичные озера, е, ж - внешней (широкой) части речной поймы (пески, разломы, береговые валы), з - старой, озёр, и - береговых впадин, к - внутренней (глубинной) части речной поймы, аномалии: 1 - отрицательная, 2 - положительная.

Граница между ними в ряде случаев устанавливается с трудом. Это обстоятельство является особенностью отложений интенсивно-меандрирующих рек, поскольку формирование осадков происходит в условиях постепенного ослабления динамики водной среды (при интенсивном меандрировании скорость течения замедлялась, меандры, отшнуровываясь, превращались в старичные озера). Отсюда седиментологическая модель фации отражает постепенное снижение гидродинамических уровней от очень высокого (первого) в начале формирования песчаного тела до второго или третьего в конечной стадии. Эта особенность нашла свое отражение и на электрометрической модели, которая представляет собой сложную аномалию, - расположенную в области отрицательных отклонений ПС и образованную наклонной кровельной линией, чаще всего осложненной зубчатостью, вертикальной слабоволнистой боковой и всегда горизонтальной подошвенной линиями (рис. 11, д).

Верхняя часть пойменных отложений представлена глинами светло-серыми, тонкогоризонтальнослоистыми, иногда с линзочками углистых глин и железненными прослоями. Вверх по разрезу глины становятся желтовато-бурыми, затем зеленовато-серыми и местами обогащаются песчаным материалом, а на отдельных участках даже содержат прослои темно-бурых мелкозернистых сильноглинистых песчаников. Наличие песчано-глинистых осадков поймы, имеющих большую мощность, позволяет утверждать, что река, образовавшая пластообразное песчаное тело, имела большую хорошо развитую пойму.

О мощности пойменных отложений (старицы, береговые валы, глины внутренней части поймы) можно судить по сохранившейся от размыва песчано-глинистой толще, достигающей 10-12 м. На большей части изучаемого профиля эти отложения отсутствуют, так как оказались уничтоженными при формировании русловых отложений следующей (первой) стадий XV ритма. Как можно видеть в пределах изученного обнажения, интенсивно-меандрирующая речная система в связи с изменившимися условиями превратилась через некоторое время в ограниченно-меандрирующую, осадки которой слагают первую стадию XV ритма (рис. 8).

Фации русловых отмелей ограниченно-меандрирующих рек формируют песчаные тела, имеющие в поперечном сечении линзообразно-вогнутую форму с горизонтальной верхней и вогнутой нижней поверхностями. Часть песчаного тела, приуроченная к наиболее глубокому участку эрозионного вреза и обладающая наибольшей мощностью, выделяется под названием осевого тела последние могут быть симметричными или асимметричными. По обе стороны от осевой части мощность песчаного тела постепенно сокращается. В зонах выклинивания песчаное тело может расщепляться на несколько песчаных прослоев, которые, сокращаясь в мощности и замещаясь глинистыми разностями,

образуют своеобразную рассеченность (или зубчатость) песчаного тела в его краевых частях. Такая рассеченность или зубчатость может быть с одной стороны песчаного тела — одностороннезубчатое - и с обеих его сторон - двустороннезубчатое.

Осевые части песчаных тел представляют наибольший интерес для установления генетической природы осадка и типа речной системы, поскольку они формировались в наиболее глубоких частях палеорусел, где существовали высокие скорости водных потоков, а следовательно, и наиболее контрастно проявлялись все типичные особенности слагающих их фаций.

Хорошая обнаженность исследуемых отложений позволила подробно изучить строение осевой части песчаного тела, сложенного осадками стрежневой фации и фации русловых отмелей, отложения стрежневой фации имеют строго подчиненное значение и малые мощности, в связи с чем они рассматриваются совместно с осадками русловых отмелей. Осадки стрежневой фации приурочены к нижним частям русловых отмелей и представлены наиболее крупными сильно- или слабоокатанными обломками кремня, кварца, изверженных пород, песчаников и глин, как принесенных течением реки в периоды паводков, так и образовавшихся на месте из коренных пород русла.

Размеры отдельных галек и обломков редко превышают 0,03-0,04 м в диаметре. Стрежневые отложения, приуроченные к зоне наиболее интенсивного размыва речного русла, имеют ограниченное развитие и связаны с самой быстрой частью потока, ведущего глубинную и боковую эрозию. Мощность этих отложений не превышает 0,20-0,50 м.

Отложения стрежневых фаций сменяются осадками русловых отмелей, которые бывают приурочены к внутренним сторонам меандр и располагаются между стрежневой зоной реки и внешней частью поймы в зоне постепенного ослабления скорости турбулентного потока по мере его удаления от стрежня реки. Отложения русловых отмелей заполняют всю осевую и прилегающие к ней части руслового вреза. Они сложены средне- и мелкозернистыми песчаниками преимущественно полевошпатово-кварцевого состава, с различной степенью сортировки и окатанности обломочного материала. В пределах русловых отмелей выделяются две части — нижняя (пристрежневая) и верхняя (припойменная).

Нижняя (пристрежневая) часть, формировавшаяся в более глубокой части речного русла, непосредственно примыкает к отложениям стрежневой фации. Эта часть русловой отмели образована среднезернистыми песчаниками, обладающими крупной хорошо выраженной косою однонаправленной слоистостью. В основании косых слойков располагается грубозернистый материал. Форма слойков сходящаяся, мульдообразная, подстилающая. В их основании размещается более грубый материал, а верхние части обогащены тонкозернистыми разностями (рис. 12,13). По мере удаления от

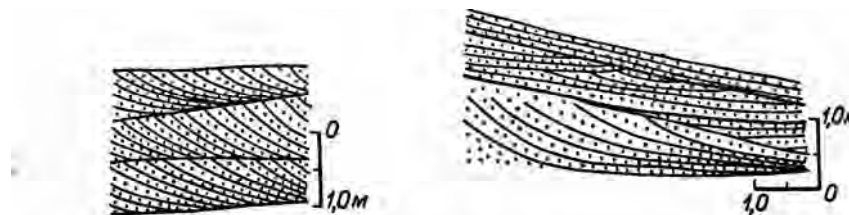


Рис. 12. Крупная косою однонаправленная сходящаяся слоистость.

XV ритм, 1 стадия, уроч. Тынымбай. Пристрежневая часть русловой отмели.

Рис. 13. Крупная косою взаимосрезающаяся слоистость.

XV ритм, 2 стадия, уроч. Тынымбай. Пристрежневая часть русловой отмели.

пристрежневой части русла и приближения к берегу отложения русловой отмели переходят в ее верхнюю часть.

Верхняя (припойменная) часть прирусловой отмели отлагалась в более спокойной гидродинамической обстановке. Она сложена мелкозернистыми песками и алевритами, мощности косых серий и слойков сокращаются, серийные швы делаются менее заметными, на границах серий исчезает грубообломочный материал, сортировка ритмическая, прямая. Характер изменения мощностей косослоистых серий и отдельных косых слойков в пристрежневой и припойменной частях русловой отмели приведен в таблице, составленной на основании 270 измерений, проведенных в отложениях 1 стадии XV ритма (табл. 3).

Изучая строение юрских песчаных тел, сложенных косослоистыми сериями, мы пришли к выводу, что кроме установленных в настоящее время двух текстурных единиц - косые слойки и серии косых слойков - в природе существует еще одна, более крупная, текстурная единица. О существовании текстурной единицы более высокого ранга, чем серии, в свое время упоминала Л. Н. Ботвинкина. Она отмечала, что «косые серии объединяются в группы серий по какому-либо признаку (или его изменению), причем границы между группами серий обычно выражены более резко, чем границы между сериями внутри групп, отражая этим какие-то более резкие изменения условий седиментации» [6, с. 25]. Эту текстурную единицу мы предлагаем называть сегментом. Под сегментом мы понимаем часть песчаного тела, образованную в определенных гидродинамических условиях, сложенную несколькими косослоистыми сериями и ограниченную сегментарными поверхностями (сегментарными швами).

Сегментарные швы, в отличие от серийных, характеризуются большей резкостью, к ним приурочены более крупные скатанные обломки пород и они более четко фиксируются в обнажениях и керне скважин (рис. 14). Это дает возможность выделять отдельные сегменты на профилях и схемах в качестве составных частей песчаных тел. Каждое песчаное тело состоит из нескольких

Характеристика косослоистых образований в пристрежневой и припойменной частях

Пристрежневая (нижняя) часть					
Песчаное тело	Мощность песчаного тела, м	Мощность сегментов, м	Мощность серий, м	Ширина серий, м	Мощность слойков, м
V	21,0	3,0	0,4—0,3	1,0—0,5	0,03
		4,0	0,4	1,0	0,02—0,01
		6,0	1,0—0,5	5,0—3,0	0,02
		8,0	0,3—0,2	5,0	0,02
IV	23,0	6,0	0,3—0,2	1,5—0,5	0,01
		10,0	1,5—0,5	5,0—1,5	0,02
		7,0	1,5—1,0	5,0	0,03

ТАБЛИЦА 3
русловой отмели (уроч. Тынымбай, XV ритм, I стадия, IV и V песчаные тела)

Припойменная (верхняя) часть				
Мощность песчаного тела, м	Мощность сегментов, м	Мощность серий, м	Ширина серий, м	Мощность слойков, м
10,0	2,0	0,2	0,4—0,2	0,02
	2,0	0,10	0,5—0,2	0,005
	3,0—2,6	0,15—0,1	3,0—2,0	0,007
	3,0	0,20—0,15	3,0	0,01
5,0	3,0	Выклинился	4,0	0,01
	2,7	0,4—0,1	4,0—3,0	0,015

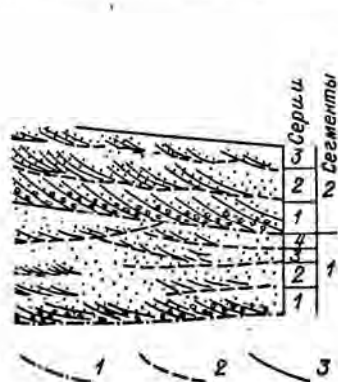


Рис. 14. Характер залегания сегментов, косослоистых серий и косых слойков в отложениях русловой отмели.

XV ритм, I стадия, уроч. Тынымбай. Границы: 1 — сегментов; 2 — косослоистых серий; 3 — косых слойков.

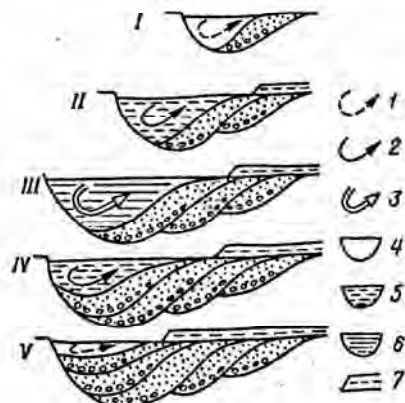


Рис. 15. Схема формирования сегментов песчаного тела меандрирующей реки равнинного типа при изменении объема жидкого стока и скоростей турбулентного потока.

Скорость: 1 — небольшая, 2 — умеренная, 3 — большая; масса воды: 4 — небольшая, 5 — умеренная, 6 — значительная; 7 — глинистые отложения.

различных по размеру сегментов, имеющих чаще всего изогнутое, линзообразное сечение. Для сегментов, как и для других текстурных единиц (косых слойков, серий косых слойков), (встречаемых в отложениях аллювиального генезиса, характерна прямая сортировка обломочного материала, т. е. уменьшение размерности обломочных зерен снизу вверх и в сторону берега. В этом же направлении происходит уменьшение мощности слагающих сегментов косых серий. Изменение мощности и формы сегментов при формировании песчаного тела в русле реки при различных палеогидро-

динамических условиях показано на рис. 15. Таким образом, изучая сегменты, можно восстанавливать условия формирования осевой части песчаного тела, а следовательно, и реки в целом.

Мы рассмотрели строение простого песчаного тела. Однако ограниченно-меандрирующие реки формируют, как правило, сложно построенные песчаные тела. Схема последовательности формирований такого сложно построенного песчаного тела была восстановлена по естественным обнажениям палеоруслу, приуроченного к первой стадии XV ритма в уроч. Тынымбай на Мангышлаке (рис. 8, 16). Рассматриваемое песчаное тело образовано из пяти последовательно наложенных друг на друга (I-V) и одного вложенного (VI) песчаных тел. Как хорошо видно на рис. 16, наиболее древними являются песчаные тела с I по III, в то время как IV и VI представляют собой более поздние образования. Различное положение отдельных врезов связано как с меандрированием русла, так и с изменением базиса эрозии.

Из приведенного описания можно видеть, что осевые и прилегающие к ним части песчаных тел образованы отложениями русловых отмелей. Однако в ряде случаев (как это имеет место в изученном нами песчаном теле уроч. Тынымбай) боковая его часть осложнена отложениями боковых русел и проток, представленных разнотельными, плохо отсортированными песками, содержащими иногда линзы гравия и конгломератов. Наиболее характерными признаками боковых русел и проток являются небольшая ширина и глубина врезов, их симметричность и относительная грубозернистость залегающих в них осадков.

Боковые русла и протоки, перемещаясь, образуют в разрезе иногда целые зоны (рис. 8, 17), состоящие из многочисленных однообразно построенных небольших врезов. Присутствие грубозернистого материала при относительно небольшой ширине и глубине русла может быть объяснено тем, что полые воды, устрем-

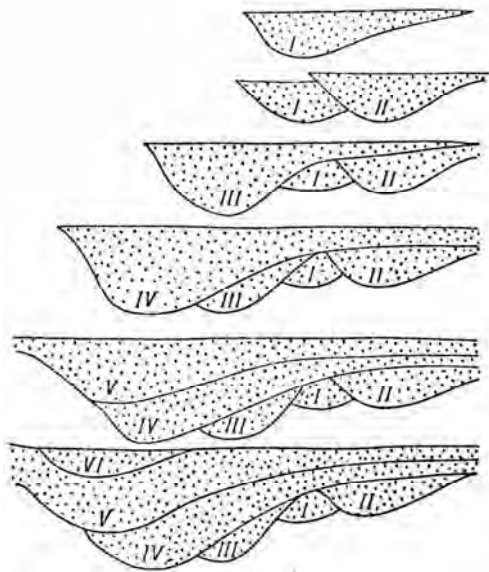


Рис. 16. Схема последовательности формирования осевой части сложного построения песчаного тела, образованного рекой меандрирующего типа.

XV ритм, I стадия, уроч. Тынэмбай. Римскими цифрами показана очередность образования составляющих его простых песчаных тел.

ляясь в него с большими скоростями, приносят грубый обломочный материал. Седиментологическая модель фации русловой отмели ограниченно-меандрирующей реки несколько отличается от модели русловой фации интенсивно-меандрирующей реки. Отличие заключается в том, что палеодинамические уровни водной среды в первом случае обладали большей стабильностью в течение формирования всей русловой отмели (первый-второй уровни) и резким спадом (до третьего уровня) при переходе к внешней (песчаной) части поймы. В связи с этим электрометрическая модель этой фации будет представлять собой аномалию, расположенную в зоне отрицательных отклонений кривой ПС и имеющую вид четырехугольника. Отличительной особенностью этой модели является пологонаклонная кровельная линия и близкая к вертикальной боковая (рис. 11, а).

Фации внешней (песчаной) части поймы равнинных меандрирующих рек. Внешняя часть поймы сложена песчаными осадками фаций береговых валов, стариц, песков разливов. Эти отложения образуют краевые части песчаных тел или зоны их выклинивания.

Фация стариц. Эти отложения выполняют пологие асимметричные врезы, ширина которых достигает десятков или первых сотен метров, а мощность 56 м. Эти врезы, располагаясь друг над другом, разделены слоями глин (рис. 8, 18, 19). Выполняющие врезы пески средне- и мелкозернистые. Слоистость не всегда заметна, чаще всего она косая пологая, вверх по разрезу переходящая в мультитупную. Мощность косослоистых серий достигает 0,5 м, а отдельные косые слойки не превышают 1 см. В основании косых

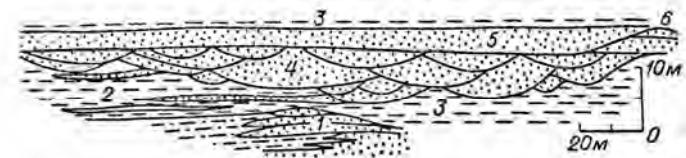


Рис. 17. Схема поперечного сечения зоны развития боковых русел и протоков.

XV ритм, I стадия, уроч. Тынэмбай. 1 — наложенные береговые валы, образующие гряду на поверхности русловой отмели; 2 — лизы старичного аллювия; 3 — глинистые отложения поймы; 4 — зона развития русловых врезов боковых протоков (русел); 5 — старичный аллювий; 6 — береговые зоны.

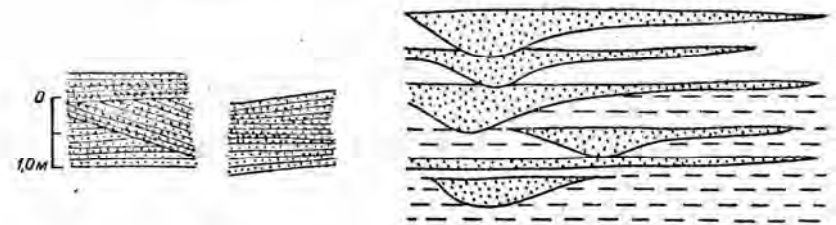


Рис. 18. Крупная косая разнонаправленная клиновидная слоистость в отложениях старичного аллювия.

XV ритм, I стадия, уроч. Тынэмбай.

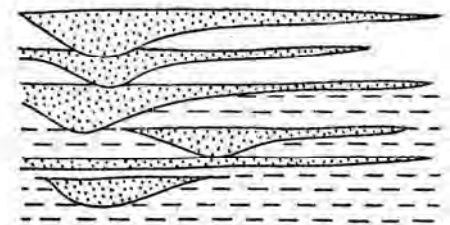


Рис. 19. Характер поперечного сечения лизы старичного аллювия во внешней части поймы.

XV ритм, I стадия, уроч. Тынэмбай.

серий встречаются гравийные зерна и мелкая галька кварца, кремня, обломки песчаных и глинистых пород. Иногда отмечаются железисто-карбонатные конкреции, достигающие в диаметре 1-2 см, которые располагаются вдоль косых серий. Формирование старичного аллювия происходило в условиях меняющихся гидродинамических режимов. В периоды паводков старицы временно превращались в активно действующие боковые русла и протоки, где шло накопление песчаного материала. Скорости течения в них в этот период увеличивались. По мере спада паводковых вод и уменьшения скоростей водных потоков в старицах откладывались более мелкие осадки и, наконец, когда связь старицы с рекой прерывалась, она превращалась в изолированный водоем, в котором шло накопление преимущественно глинистых осадков. Небольшие мощности осадков стариц указывают на то, что старичные озера имели слабое развитие на поймах ограниченно-меандрирующих рек. Таким образом, отложения фаций стариц по своим гидродинамическим условиям формирования и особенности пространственного размещения занимают промежуточное положение между русловыми и пойменными осадками. Характер врезов старичного аллювия и их расположение в разрезе показано на рис. 19. Седиментологическая модель отражает уменьшение вверх по разрезу палеогидро-

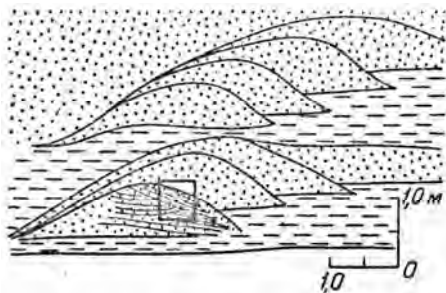


Рис. 20. Поперечное сечение наложенных береговых валов и характер слоистости.

XV ритм, 1 стадия, уроч. Тынимбай.

динамической активности среды седиментации от третьего до четвертого уровней. Электрометрическая модель фации стариц близка к модели фации русловых отмелей равнинных интенсивно-меандрирующих рек, от которой отличается меньшей шириной аномалии и меньшей относительной амплитудой кривой ПС (рис. 11, з).

Фа́ция береговых валов. Отложения этой фации формируются в периоды паводков, когда полые воды реки, несущие большое количество материала, выходя за пределы русла на пойменную равнину, теряют скорость и отлагают несомый ими песчаный материал на узкой полосе, образуя береговой вал. Этот вал имеет плоскую нижнюю и выпуклую верхнюю поверхности. При наложении береговых валов друг на друга формируются более крупные, песчаные образования - гривы. Береговые валы встречаются как на верхних границах русловых отмелей - прирусловые, так и на поймах - береговые. Нами эти близкие в генетическом отношении образования рассматриваются совместно.

Изученные нами ископаемые береговые валы (рис. 20) имеют мощность 0,5-2,5 м и достигают ширины 3-25 м. Они слагаются преимущественно мелкозернистыми однородными песками, иногда сильноожеженными, отчего породы приобретают темный цвет. В ряде случаев наблюдалось постепенное уменьшение размерности обломочного материала в теле вала как снизу вверх, так и в сторону от русла, что связано с ослаблением динамики водной среды при выходе полых вод на просторы поймы. Слоистость обычно выражена слабо, удается различить лишь срезающие серийные швы, имеющие прямую или слегка вогнутую форму. Мощность серий не превышает 0,4 м.

Седиментологическая модель фации береговых валов характеризуется наличием повышенной гидродинамической активности в начальный период их формирования (третий уровень) и ее резкого последующего ослабления. Электрометрическая модель представляет собой прямоугольный треугольник, расположенный в зоне отрицательных отклонений кривой ПС. Кровельная линия наклонена, подошвенная - горизонтальная (рис. 11, е, ж, и).

Фа́ция песков разливов. Отложения этой фации развиты в зоне перехода от внешней (песчаной) части поймы к ее внутренней (глинистой) части. Образование отложений песков разливов связа-

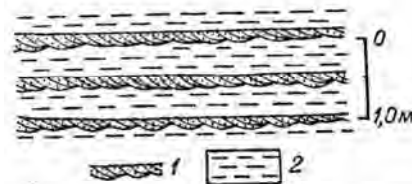


Рис. 21. Мелкая косоволнистая слоистость, характерная для песков разливов во внешней (песчаной) части поймы.

XV ритм, 2 стадия, уроч. Тынимбай. 1 — прослой мелкозернистых косослоистых песков и алевролитов; 2 — глины.

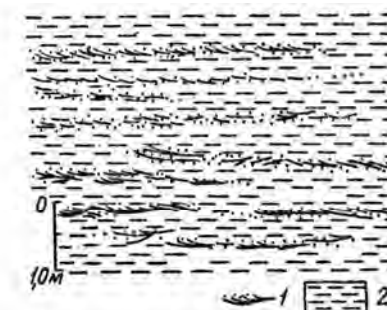


Рис. 22. Характер выклинивания песков разливов при переходе из внешней части поймы во внутреннюю.

1 — прослой мелкозернистых косослоистых песков и алевролитов; 2 — глины.

но с прорывом берегового вала полыми водами и распространением их в пределах глинистой поймы. По мере растекания водных струй и ослабления скорости течения влекомый ими материал выпадает в осадок, образуя небольшой мощности песчаные пласты, постепенно выклинивающиеся в сторону поймы (рис. 21.22).

По своему характеру пески разливов приближаются к береговым валам, но в отличие от них не имеют выпуклой верхней поверхности. Они протягиваются на значительные расстояния в глубь поймы, тогда как береговые валы имеют небольшую ширину, исчисляемую десятками метров.

Описываемые образования отличаются от других песчаных образований, встречаемых на внешних частях пойм современных рек и описанных в свое время Е. В. Шанцером под названием «ложных береговых валов» [78, с. 104]. Поскольку нам не удалось обнаружить в опубликованной литературе, посвященной ископаемым речным системам, подобных образований, мы были вынуждены выделить их как самостоятельные образования под названием «песков разливов».

Изученные нами отложения этой фации представляют собой песчаные пласты небольшой мощности (0,5-2,5 м), прослеживающиеся на 500-1000 м, а иногда и более, в сторону внутренней части поймы (рис. 8). Нижняя поверхность их горизонтальная, верхняя - полого наклонена в сторону русла. В плане эти образования имеют неправильную языкообразную конфигурацию. Они сложены мелкозернистыми песками и алевролитами. Вверх по разрезу и по мере удаления от русла в них увеличивается количество глинистого материала. Слоистость косая, очень мелкая, мульдообразная (или взаимосрезающаяся).

Седиментологическая модель песков разливов отражает накопление осадка в резко меняющейся по времени гидродинамической

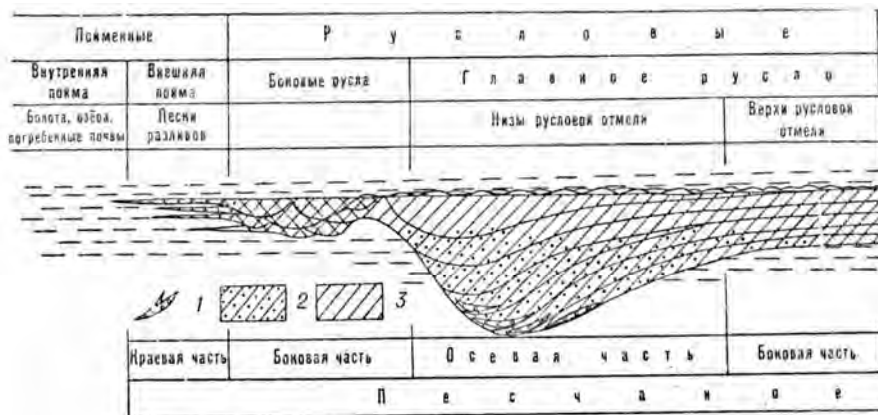


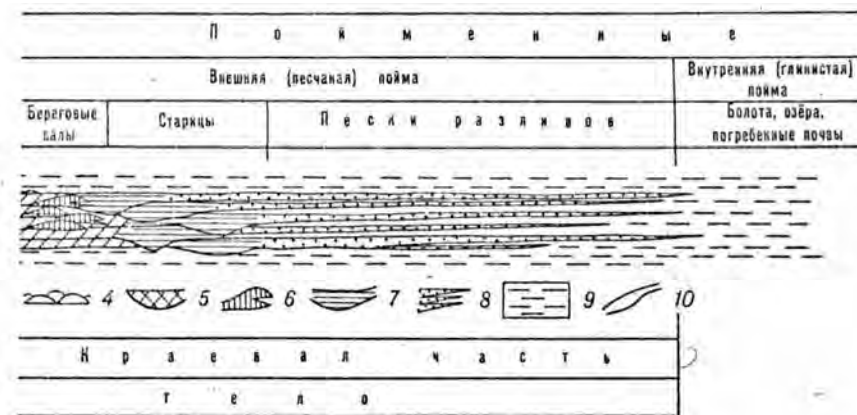
Рис. 23. Типовая модель распределения фаций и литоз
Составил

Отложения фаций: 1 — стрелецовой, 2 — русловой отмели (нижняя часть),
3 — русловой отмели (верхняя часть), 4 — дна, 5 — боковых русел,
6 — береговых валов, 7 — стариц, 8 — песком разливов,
9 — болот, озер; 10 — границы сегментов.

обстановке (третий-четвертый уровни), что связано с быстрой потерей скоростей прорвавшихся на пойму полых вод. Электрометрическая модель имеет вид треугольника, расположенного своей вершиной в переходной зоне ($A_{\text{пс}}=0,5$). Кровельная линия полого наклонена, подошвенная горизонтальная (рис. 11, е, ж). Характерной особенностью является то, что аномалии в электрометрическом разрезе располагаются группами.

Фации внутренней (глинистой) части поймы. Отложения внутренней части поймы образованы фациями временно заливаемых участков и пойменных озер и болот. Обе эти фации тесно переплетаются друг с другом и характеризуются взаимными переходами как по разрезу, так и на площади. Это связано с тем, что полые воды достигали внутренних, наиболее удаленных частей поймы, когда скорости их были минимальными, а подавляющая масса более грубого обломочного материала уже выпала в осадок. В связи с этим заливавшие пойму воды были способны переносить лишь наиболее тонкозернистые алеврито-глинистые частицы. При спаде полых вод вначале осушались наиболее приподнятые части пойм, на которых накапливались тонкогоризонтально-слоистые алевритово-глинистые осадки, сменявшиеся вверх по разрезу осадками тонких илов. Осушенные участки покрывались растительностью, на них формировались почвы и подпочвы.

В более пониженных участках поймы вначале также шло отложение принесенного полыми водами алевритоглинистого материала. Затем при спаде полых вод в пониженных участках образовывались неглубокие изолированные водоемы, в которых продолжалось осажение взвешенных в воде глинистых частиц. Эти частицы откладывались на дне водоемов в виде тонких горизонтально-слоистых глинистых напластований. Отложения фаций, слагающих



образном песчаном теле, образованном меандрирующей рекой.
В. С. Муромцев.

3 — русловой отмели (верхняя часть), 4 — дна, 5 — боковых русел,
6 — болот, озер; 10 — границы сегментов.

внутреннюю часть речной поймы, также характеризуются ослаблением палеогидродинамики среды седиментации вверх по разрезу. Это сказывается в уменьшении более грубого материала и увеличении роли глинистых частиц в осадке.

Седиментологические модели этих фаций характеризуются наличием перехода от четвертого к пятому палеогидродинамическим уровням, причем фация пойменных озер и болот отличается от отложений временно заливаемых участков пойм тем, что на заключительных этапах формирования осадка происходило при очень низких палеогидродинамических уровнях. Электрометрическая модель фации временно заливаемых участков речных пойм будет представлять собой треугольник, расположенный в зоне положительных отклонений ПС, образованный горизонтальной кровельной и наклонной, интенсивно расчлененной подошвенной линиями. Электрометрическая модель фации пойменных озер и болот - сложная аномалия, состоящая из четырехугольника и треугольника, расположенного в ее нижней части. Аномалия находится в зоне положительных отклонений ПС и имеет горизонтальную кровельную, вертикальную боковую и наклонную подошвенную линии (рис. 11, к). Породы рассмотренных выше фаций обладают экранирующими свойствами, изолируют песчаные тела друг от друга, создавая условия для накопления в них углеводородов.

На основании изучения юрских отложений нами составлен профиль расположения фаций в поперечном сечении асимметричного двусторонне-зубчатого песчаного тела ограничено-меандрировавшей реки. Поскольку такое расположение фации является типичным для многих песчаных тел аллювиального генезиса, его можно рассматривать в качестве типовой модели (рис. 23).

Согласно профилю песчаные тела ограниченно-меандрирующих рек (а также и ряда других типов рек) характеризуются несколькими электрометрическими разрезами.

Так, для их осевых частей разрез будет представлен электрометрической моделью фации русловой отмели. Отложения, слагающие эту фацию, представлены в нижней части наиболее грубозернистыми песками, осаждавшимися в условиях высокой палеогидродинамической активности, которая несколько уменьшалась в их верхней части и в сторону боковых частей песчаного тела.

Боковые части песчаного тела, образованные отложениями верхних частей русловых отмелей, будут характеризоваться более тонкозернистым составом слагающих их осадков, зернистость которых менее резко, но все же будет уменьшаться вверх по разрезу, а количество глинистого материала - увеличиваться. Электрометрический разрез этой части песчаного тела выразится отрицательными аномалиями того же типа, но будет иметь меньшую ширину и меньшую амплитуду отклонения. Краевые части песчаного тела представлены маломощными отложениями фаций стариц, береговых валов и песков разливов, чередующихся с глинистыми отложениями внутренней части поймы. Электрометрический разрез этой части песчаного тела выражен менее четко. Он состоит из аномалий небольшой ширины, располагающихся в зоне средних значений и чередующихся с положительными аномалиями ПС.

Составление электрометрических характеристик для различных частей поперечного сечения песчаного тела ограниченно-меандрирующей реки имеет важное значение для корреляции осадков и реконструкции пространственного размещения фаций, слагающих песчаное тело-коллектор. Наблюдения размещения современных фаций в долине Волги (между Куйбышевым и Сызранью), а также результаты изучения строения погребенных речных долин в различных районах страны и, главным образом, на Восточном Мангышлаке позволили создать типовую схему условий формирования и площадного размещения фации в русле ограниченно-меандрирующей реки (рис. 24).

Проведенные исследования дали возможность провести реконструкцию части долины палеореки, существовавшей в ааленское время в районе уроч. Тынымбай (Восточный Мангышлак) во время формирования осадков первой стадии XV ритма (рис. 8).

Главное русло реки, проходившее в направлении на северо-восток, образовывало небольшую меандру, изгиб которой был обращен в юго-восточном направлении. Об этом можно судить по смещению русловой отмели. Стрельня реки располагалась у ее левого берега, где шел размыв пологого острова, сложеного песчаными отложениями, образованными на более ранних этапах деятельности речной системы. С другой стороны острова проходило боковое русло, или протока. О наличии острова можно предполагать исходя из размещения главного и бокового русла и наличия горизонтально расположенных между ними песчаных пластов со следами

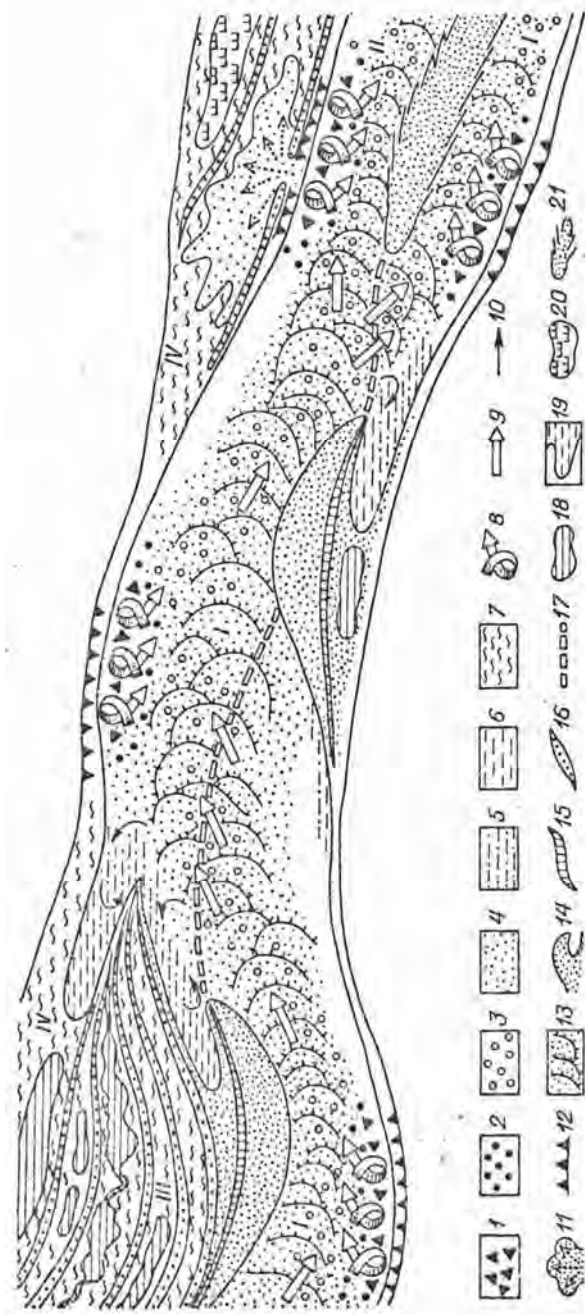


Рис. 24. Формирование и размещение песчаных тел в русле меандрирующей реки равнинного типа. Составил В. С. Муромцев.
 1 — главное русло реки; 2 — гравий; 3 — крупнозернистые пески; 4 — мелкозернистые пески; 5 — алеволиты; 6 — глина (ил); 7 — глина (ил); 8 — турбулентные отложения; 9 — вертикальное эрозионное течение; 10 — латеральное эрозионное течение; 11 — песчаные валы; 12 — песчаные валы; 13 — песчаные валы; 14 — песчаные валы; 15 — прирусловые валы; 16 — береговые валы; 17 — гребни перекатов; 18 — старица и острова; 19 — старица; 20 — болота; 21 — остров-осередин.

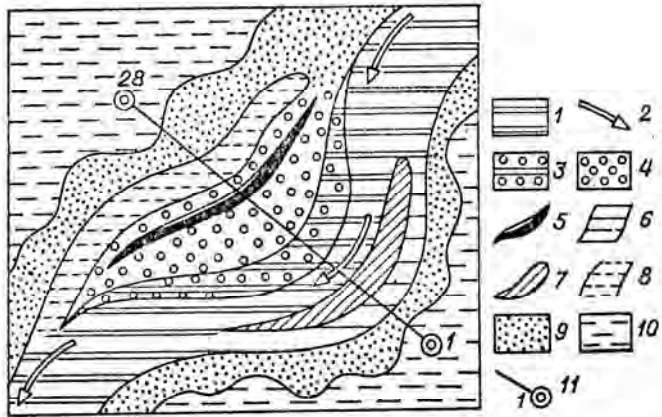


Рис. 25. Палеогеографическая реконструкция речной долины, существовавшей в период формирования отложений первой стадии XV ритма в районе уроч. Тынымбай.

1 — основное русло реки; 2 — стрежневая зона русла; 3 — нижняя (пристрежневая) часть русловой отмели; 4 — верхняя (припойменная) часть русловой отмели; 5 — береговые валы; 6 — боковое русло (протоки); 7 — реликтовый остров; 8 — старица; 9 — внешняя часть поймы — пески разливов; 10 — внутренняя часть поймы — глины; 11 — местоположение профиля.

выветривания в кровле. Присутствие в боковом русле грубозернистых песков указывает, что воды в нем были проточными и, следовательно, где-то соединялись с главным руслом, отделяя остров.

В пределах внешних частей поймы, развитой вдоль обоих берегов палеореки, хорошо прослеживаются береговые валы, старичный аллювий и пески разливов, расположенные в виде полосы вдоль главного русла. Отложения внутренней (глинистой) части поймы представлены также по обоим берегам реки. Схема реставрированного участка речной долины показана на рис. 25.

Дальнейшая история этой палеореки складывалась следующим образом. Русло реки стало постепенно мелеть и было занесено песком. В результате этого где-то произошел прорыв, воды реки пошли по другому руслу. Отложения русловой отмели, вышедшие на поверхность, подвергались деятельности ветров и были перекрыты береговыми дюнами, а затем на них сформировалась внутренняя (глинистая) часть поймы реки. Новые, более молодые русла появились в пределах рассматриваемого участка в период более позднего XIV ритма, в начале которого на этом месте образовались русла фуркирующей реки, заполненные песчано-галечниковым материалом.

Фацция русловых отмелей спрямленных рек. Спрямленные русла образуются в начальные этапы развития речных систем либо в периоды омолаживания меандрирующих равнинных рек в связи с понижением базиса эрозии и выработкой нового, более прямого русла, отвечающего изменившимся палеогидродинамическим условиям.

Для спрямленных рек характерно ограниченное развитие русловых отмелей, располагавшихся вдоль русла в шахматном порядке и, как правило, полностью заполнявших эрозионный врез. Песчаные тела русловых отмелей спрямленных рек имеют линзообразно-изогнутое поперечное сечение. Грубозернистый состав осадков, особенно в основании сегментов и косо-слоистых серий, свидетельствует о том, что скорости течения речного потока были повышенными и не способствовали отложению мелкозернистого обломочного материала в пределах русла. Линзообразно-изогнутые песчаные тела спрямленных рек были обнаружены и исследованы нами в естественных обнажениях юрских продуктивных отложений Мангышлака (байосский ярус) на северном склоне хребта Каратау (Центральный Мангышлак) в районе колхоза Торыш, пос. Шаир, Шенгел, а также в уроч. Тынымбай (Восточный Мангышлак).

Наиболее типичным из них является песчаное тело, обнаженное в правом борту Большого Шаирского оврага в 800-900 м от его устья (рис. 26). Оно имеет сложное строение и образовано двумя простыми телами, каждое из которых в поперечном сечении имеет форму изогнутой линзы. Нижняя граница несет следы интенсивного размыва, верхняя — слабоволнистая. Обе границы, изогнутые, резкие. Мощность осевой части песчаного тела достигает 8,5 м, а затем постепенно уменьшается к его краевым частям вплоть до выклинивания. Ширина песчаного тела в Большом Шаирском овраге достигает 300 м. Это тело сложено светло-серыми и серовато-желтыми, местами интенсивно ожеженными средне- и мелкозернистыми, иногда разнозернистыми песками. Слоистость косая, крупная, однонаправленная, прямолинейная, местами сходящаяся. Серийные швы плохо различимы. В основании косых серий отмечаются зерна кварца гравийной размерности, изредка мелкая галька кварца и кремня, темно-серых известняков и песчаников, а также окатыши и обломки сильновыветрелых глин нижней юры. Косослоистые серии сгруппированы в сегменты. Серии, залегающие в основании сегментов, имеют большую мощность и сложены более грубым материалом; вверх по разрезу их мощность и размер обломочных частиц уменьшаются. Размеры сегментов, слагающих песчаное тело, постепенно возрастают к его центральной части, а затем снова уменьшаются. На верхней поверхности песчаного тела наблюдаются валообразные поднятия. Некоторые из них достигают мощности 0,5-1,0 м. Они имеют плавные очертания, сливаясь друг с другом. Эти валообразные поднятия сложены средне- и мелкозернистыми песками, аналогичными тем, которыми образована верхняя часть русловой отмели. Валообразные поднятия на поверхности песчаного тела представляют собой остатки сглаженных прирусловых валов, приуроченных к верхней части русловой отмели. Эти валы, по-видимому, в период своего формирования имели большую высоту, затем были сnivelированы.

Песчаное тело залегает на пойменных отложениях, представленных темно-серыми глинами с тонкими выклинивающимися про-

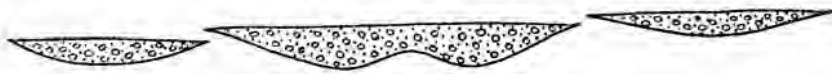


Рис. 27. Характер залегания и форма поперечного сечения песчаных тел, образованных фуркирующими (многорусловыми) реками.

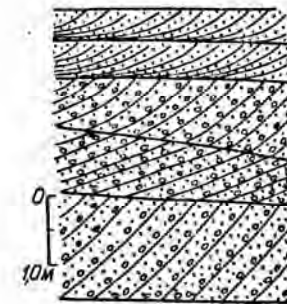
ПС и имеющую вид четырехугольника. Кровельная и подошвенная линии горизонтальные, боковая вертикальная, волнистая (рис. 11,б).

Фации русловых отмелей фуркирующих рек. В юрской продуктивной толще Мангышлака встречены линзообразно-вогнутые песчано-галечниковые тела, сформированные фуркирующими реками. Они имеют ряд специфических особенностей, позволяющих отличать их от песчаных тел, образованных реками других типов. Эти особенности обусловлены условиями осадконакопления, существовавшими в многорусловых реках. Наиболее важными из них, как известно, являлись: наличие высоких скоростей течения, перенос преимущественно песчано-галечникового материала, наличие многочисленных неглубоких сходящихся и расходящихся русел различных порядков, слабая дифференциация осадков, нечеткие границы поймы. Песчано-галечниковые тела соприкасаются своими краевыми частями или располагаются кулисообразно. Ширина их во много раз превосходит мощность. Пойменные осадки чаще всего представлены песчаными разностями, глинистые образования редки. Для песчано-галечниковых тел характерно выклинивание на небольших расстояниях. Песчано-галечниковые тела фуркирующих рек были изучены нами в районах уроч. Тынымбай (Восточный Мангышлак) и Беке-Башкудукского вала (Центральный Мангышлак).

В районе уроч. Тынымбай в основании XIV ритма (3 стадия, ааленский ярус) было выявлено три песчано-галечниковых тела, имеющих в поперечном сечении линзообразно-вогнутую форму и располагающихся кулисообразно друг к другу (рис. 8). Самое крупное из них, достигающее мощности 10 м, находится в средней части изученного профиля. Два других располагаются по обе стороны от него, и их мощности не превышают 2,0-3,0 м. В этих телах можно различать четко выраженные следы сегментарных швов, однако проследить их по всей длине удается очень редко (рис. 27). Нижняя поверхность песчаных тел неровная, несет следы интенсивного размыва. К основанию песчано-галечниковых тел приурочена галька (3-5 см), состоящая из хорошо окатанных обломков кварца, кремня, различных изверженных пород. Вверх по разрезу размер частиц обломочного материала постепенно уменьшается. В этом же направлении сокращается и мощность кослоистых серий, изменяется характер слоистости (рис. 28). Верхняя поверхность центрального песчано-галечникового тела резкая, содержит знаки ряби; это тело перекрыто глинистыми отложениями. В отличие от, него два других песчано-галечниковых

Рис. 28. Крупная косая однонаправленная слоистость.

XIV ритм, 3 стадия, аален. уроч. Тынымбай. Вверх по разрезу размеры слоистости и обломочного материала уменьшаются.



тела перекрываются средне- и мелкозернистыми песками мощностью до 5,0-6,0 м, имеющими волнистую поверхность (видимо, сглаженные береговые валы). Залегающие выше светло-серые и желтоватые песчаные глины мощностью 5,0-8,0 м представляют собой пойменные осадки другого речного русла.

Песчано-галечниковый состав осадков, наличие многих врезов, располагающихся кулисообразно друг к другу, четкообразный характер и большая ширина песчаных тел при небольшой их мощности - все это дает основание полагать, что формирование песчано-галечниковых тел в описываемых отложениях происходило в многорусловой реке. Залегание песчано-галечниковых тел на песчаных отложениях, образованных меандрирующими реками, может быть объяснено тем, что в связи с изменившимися условиями меандрирующая река превратилась на какой-то период времени в фуркирующую. Такие случаи известны для современных рек, когда они на отдельных участках переходят из меандрирующих в фуркирующие и наоборот [78] в связи с изменением гидродинамических условий. По видимому, переход от меандрирующей палеореки к фуркирующей в изучаемых нами отложениях древней речной системы был вызван изменениями геологического строения областей сноса (поднятия) и климата (временное увлажнение), что привело к поступлению большей массы воды в русло и увеличению ее скорости. Указанные изменения, видимо, вызвали перестройку русла и превращение меандрирующей реки в фуркирующую.

Песчано-галечниковые тела, образованные рекой фуркирующего типа, наблюдались нами и в районе Беке-Башкудукского вала в осадках батского яруса (уроч. Сары-Мурун). Изучавший юрские отложения в пределах Беке-Башкудукского поднятия В. И. Драгунов [1955 г.] наблюдал эрозионный контакт белых песков с подстилающими породами батского яруса. Он отнес их к отложениям аллювиального генезиса и высказал предположение, что они формировались в речной долине, русло которой проходило вдоль осевой части поднятия. Проведенные нами исследования не только подтвердили высказанные В. П. Драгуновым предположения, но и дали возможность собрать новые данные, позволяющие восстановить условия отложений осадков в палеореке.

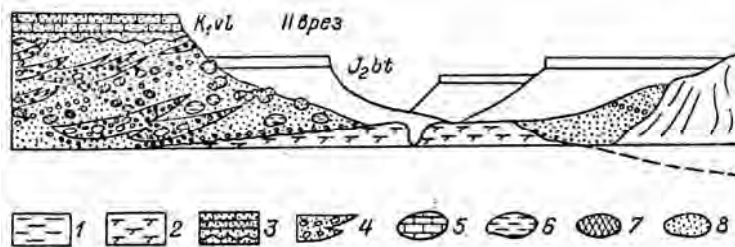


Рис. 29. Строение русловых

Юра, овраг Козий, район колодца Карасязь, Магнышалак. 1 — глины; 2 — рабов; 3 — окатанные обломки мергелей и мергелистых глин; 4 — валуны и конкреции, выполненные черным песком; 5 — горизонтально- и волнистослоистые серые; 6 — гравелиты; 7 — остатки окремненных стволов

Нами были обнаружены главные и второстепенные русла этой реки. Одно из главных русел (рис. 29) проходило, по-видимому, в районе оврага Козий (уроч. Карасязь). Это русло, выполненное песчано-галечниковыми отложениями, формировалось по крайней мере в две стадии (рис. 30). В первую стадию, когда формировалось нижнее песчано-галечниковое тело, происходило накопление следующих осадков (снизу вверх).

1. Серые гравелиты и приуроченные к ним линзы и четкообразные прослои белых плохо отсортированных песков. Гравелиты разнозернистые, неотсортированные, местами переходящие в грубозернистые пески. Среди гравелитов встречается мелкая окатанная галька глинистых пород и обломки окаменелых деревьев. Породы обладают слабовыраженной волнистой и крупной косо пересекающейся слоистостью. Мощность этой пачки не превышает 4 м.

2. Глины светло-серые, местами коричневатые, ожелезненные, с ветвящимися прожилками гипса. В глинах встречаются крупные окатанные обломки и валуны мергелистых глин и остатки стволов деревьев, иногда стоящих вертикально (мощность глин 1,0 м). Выше со следами размыва залегают зеленовато-серые, тонкослоистые глины с корочками гипса и ожелезнением по напластованию. К подошве и кровле их приурочены сидеритовые стяжения и обломки мергелей, имеющие лепешкообразную форму. В этих глинах также встречаются обломки окаменевшей древесины, а иногда и вертикально стоящие остатки стволов деревьев. В кровле глины перематы, загипсованы, ожелезнены (мощность 4 м).

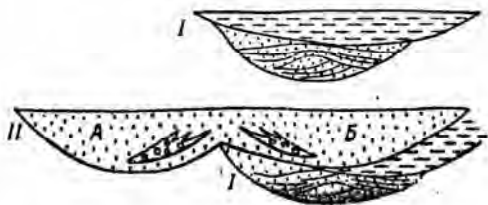
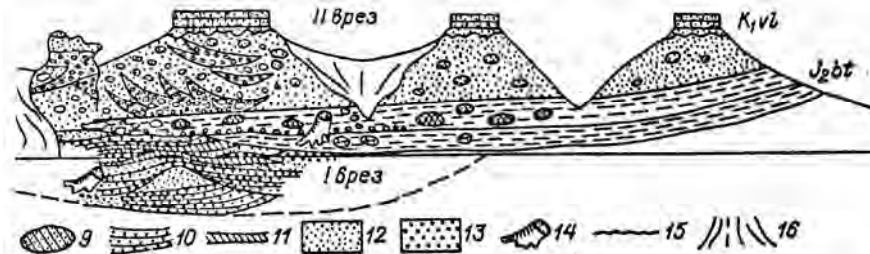


Рис. 30. Песчано-галечниковое тело, образованное рекой фулькирующего типа.

IV ритм, бат. уроч. Карасязь, Магнышалак. Тело сформировано в две стадии (I и II).



отложений фулькирующей реки.

2 — мергелистые глины; 3 — известковый песчаник; 4 — линзы конгломератов обломки глин; 5 — сидеритовые конкреции; 6 — песчаные конкреции; 7 — конгломераты; 8 — косоугольные гравелиты; 9 — конгломераты; 10 — косоугольные гравелиты; 11 — косоугольные гравелиты; 12 — пески белые, желтовато-крупных деревьев; 13 — линзы размыва; 14 — осины.

Эти глины представляют собой отложения поймы, образовавшейся в период, когда русло реки переместилось в другое место.

Отложения второй стадии этой реки в обнажениях оврага Козий представлены песчано-галечниковыми образованиями и белыми плохо отсортированными косоугольными песками, преимущественно кварцевого состава с незначительной примесью полевых шпатов и обломков изверженных пород. Форма зерен угловато-окатанная и полуокатанная. Вверх по разрезу пески становятся более мелкозернистыми. Прослои конгломератов залегают в виде линз и сложены гальками различного состава, а также слабоокатанными валунами слоистых глинистых мергелей и глин, как правило, приуроченными к средней, наиболее мощной части линз. Размер галек 0,5-10 см, валуны достигают 0,5 м в поперечнике. Наблюдается крупная косоугольная, иногда сходящаяся или перекрещивающаяся слоистость. В основании некоторых серий косых слоев отмечаются ориентированные по слоистости прослои галек, число и размер которых уменьшаются к верхним частям серий. Косые серии, состоящие из крупных галек, чередуются с сериями, содержащими мелкую хорошо окатанную гальку, или срезаются по диагонали залегающей выше косоугольной серией светлых песков аналогичного состава, совершенно лишенных галек. Угол наклона косых серий 10-30°. Мощность отдельных серий достигает 2 м.

Таким образом, отложения первой стадии (вскрытые лишь частично) оказались приуроченными к наиболее глубоким частям главных русел, тогда как осадки второй стадии, в значительной мере сложенные белыми песками, имели более широкое развитие, поскольку отлагались как в главных и боковых руслах, так и в междурусловых зонах, т. е. на пойме. В главных руслах они содержат грубый гравийно-галечниковый материал и имеют наибольшие мощности, достигая 8-10 м. В боковых руслах и на пойме количество грубозернистого материала сокращается и мощность этих песков уменьшается до 3,0-2,0 м, а местами они полностью выклиниваются. На отдельных участках пойм можно наблюдать

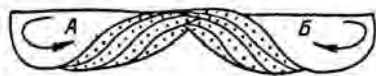


Рис. 31. Формирование внутрирусловой отмели.

IV ритм, 2 стадия, бат. овраг Козий, уроч. Каратау. Отмель образована на границе двух русел с винтовым вращением водных струй, направленных навстречу друг другу.

многочисленные остатки вертикально стоящих стволов крупных деревьев, образующих местами буквально ископаемые леса, представленные в значительной мере видом *Xenoxylon latiporosum* Cramer Gothoh, по определению И. А. Шилиной.

Сформированные отложениями первой и второй стадий многочисленные песчано-галечниковые тела, соединяясь своими краевыми частями, образуют сложно построенное тело, развитое в пределах всей изученной площади. Размещение осевых частей этих тел отражает сходящиеся и расходящиеся трассы древних речных русел и проток. Судя по гранулометрическому составу отложившихся осадков, скорость течения в главных руслах и протоках была неодинакова. Так, отложения, формирующиеся в главных руслах, образованы отсортированным гравийно-галечниковым материалом с включением крупных плохо окатанных обломков пород. Чередование гравийного материала и крупнозернистых песков со средне-и мелкозернистыми указывает на быстрые и, по-видимому, значительные изменения уровня и скорости проходящих по руслам вод.

Формирование соприкасающихся своими краями песчаных тел (А и Б), наблюдаемых в овраге Козий, произошло в результате того, что стрежневой поток разделился на два винтообразных потока, у которых вращение струй оказалось направленным навстречу друг другу. Следы наличия таких течений можно отчетливо наблюдать по ориентировке линз конгломератов, расположенных на их соприкасающихся краях (рис. 31). Таким образом, обе водные струи, ведя донную и боковую эрозии, отклонялись в разные стороны, в то время как продукты разрушения отбрасывались турбулентным потоком в одно и то же место, образуя на их стыке русловые отмели. Поскольку у обоих потоков русловые отмели, растущие в противоположных направлениях, оказались сросшимися, они дали начало внутрирусловой отмели, ставшей зародышем острова-середыша, который, постепенно разрастаясь, разделил русло на два самостоятельных протока (рукава).

Судя по размерам русловых отмелей и слагающих их сегментов, оба вновь образовавшихся русла имели примерно одинаковые количества проходящей по ним массы воды, характеризовались близкими скоростями и формировали примерно одинаковые песчаные тела как по своему составу, так и по строению. В пределах русел наблюдалось большое количество остатков стволов крупных деревьев, причем у внешних частей русел эти пни, достигающие 1,5 м в диаметре, имели преимущественно вертикальное положение.

Простираение песчаных тел, ориентировка косых слойков, направление осей стволов деревьев - все это в сумме подтверждает предположение о том, что общее направление течения реки было с востока на запад.

Таким образом, для отложений фуркирующих рек глинистые осадки, так характерные для пойм других типов рек, имели слабое развитие или вообще отсутствовали, а их поймы были образованы песчаными осадками. Песчаные тела этого типа обладают хорошими коллекторскими свойствами, развиты на больших площадях и имеют частые зоны выклинивания в связи с многочисленными сходящимися и расходящимися руслами. Отрицательным моментом является отсутствие мощных глинистых перекрытий, могущих служить надежными покрывками угледорогов.

Седиментологическая модель русловых отмелей фуркирующих рек отражает высокую активность среды седиментации (преимущественно первый палеогидродинамический уровень). В этих условиях накапливался плохо отсортированный гравийно-галечниковый материал, содержащий обломки различных пород, в том числе гальку и окатыши глин и алевролитово-глинистых пород, которые неравномерно распределялись по разрезу русловой отмели. Это обстоятельство находит свое отражение на электрометрических моделях, которые, так же как и для рек других типов, представляют собой аномалии, расположенные в зонах отрицательных отклонений кривой ПС и имеют вид четырехугольника с горизонтальными кровельной и подошвенной линиями и вертикальной боковой, осложненной зубчатостью или рассеченной. Интенсивная рассеченность боковой линии является отличительной особенностью электрометрической модели этой фации.

Пролувиальный комплекс фаций (фация временных потоков). Песчаные тела, образованные временно действующими водными потоками, известны среди осадков всех возрастов. Они встречаются у подножия погребенных поднятий, древних эрозионных выступов и останцов. Как известно [Попов В. М., 1950 г.; Попов В. М., Богоявленский А. А., Макаров С. Д., 1963 г.], временные потоки образуются в результате стока обильных атмосферных осадков со склонов возвышенностей с большим перепадом высот. В периоды выпадения дождей и таяния снегов они несут значительные массы воды и развивают большие скорости, перенося значительное количество продуктов разрушения горных пород. Временные потоки образуют сравнительно небольшие глубокие прямые русла, выполненные плохо отсортированными терригенными осадками (пески, гравий; галечники). Попадая в условия равнины, потоки быстро теряют скорость и откладывают обломочный материал в виде конусов выноса. В естественных обнажениях на северном склоне Центрального Каратау в окрестностях пос. Шаир в отложениях ааленского яруса нами наблюдались два типа песчано-галечниковых тел, образованных временно действующими водными потоками.

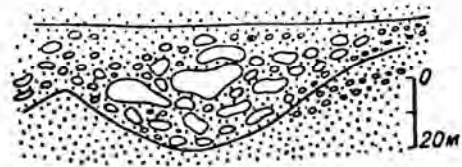


Рис. 32. Поперечное сечение песчано-галечникового тела, сформированного временным потоком.

Отложения ааленского и байосского возраста, пос. Шаир, Центральный Каратау, Мангышлак.

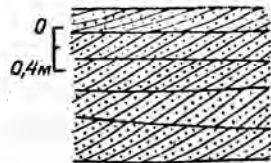


Рис. 33. Косая однонаправленная слоистость в верхней части песчано-галечникового тела, образованного временными потоками.

Байос, пос. Шаир, Центральный Каратау.

Первый тип характеризуется плохой сортировкой обломочного материала, представленного в основном обломками изверженных пород, кварца, кремня, песчаников, мергелей и глин размером 2-10 см и более. Отсутствие дифференциации обломочного материала объясняется большими скоростями потоков, при которых водные струи с силой ударялись в берега, отбрасывались от них, сталкивались между собой, образуя водовороты и вихревые течения, что препятствовало распределению несомого обломочного материала в зависимости от его размеров (рис. 32). Песчаные тела небольшие: ширина в пределах десятков метров, мощность 2,0-5,0 м.

Второй тип песчаных тел, образованных временными потоками, отличается некоторой дифференциацией обломочного материала по его размеру. В связи с этим песчаные тела этого типа имеют более сложное строение, приближающееся к строению русловых отмелей фулькирующих рек. Нижние части песчаных тел сложены плохо отсортированными галечниками, гравием, крупнозернистыми песками, в которых можно наблюдать косую однонаправленную слоистость. Верхние их части образованы средне- и мелкозернистыми песками, имеющими косую однонаправленную слоистость (рис. 33). Слоистость подчеркивается сменой гранулометрического состава и растительным детритом. Мощность косых серий от 0,1 до 0,4 м. Слойки в сериях тонкие (1-2,5 см), параллельные с углами наклона 15-35°, сортировка материала прямая. С уменьшением зернистости пород вверх по разрезу изменяется и слоистость, хотя тип ее сохраняется. Мощности серий и слоев уменьшаются, слои становятся более пологими (угол наклона не превышает 20°), появляется растительный детрит.

Такое строение песчано-галечниковых тел объясняется тем, что в начале их формирования поток, устремляясь вниз по склону, обладал наибольшей динамической активностью. Он интенсивно размывал дно и борта своего ложа, перемещая вниз по течению обломки горных пород различной размерности. По мере приближения к профилю равновесия скорость движения воды замедля-

лась, переносимый водой материал становился более мелкозернистым, сортировка его улучшалась, формировались более или менее четкие косо-слоистые серии. В низовьях потока, в районе его устья, водная струя при выходе на равнину, растекаясь, теряет силу, уже неспособна нести далее грубые обломки и образует конус выноса из более тонкозернистых осадков. В изученном нами обнажении конус выноса (рис. 34) образован мелкозернистыми песками с линзами грубозернистых песков и гравия. Направления падения косых слоев испытывают значительные колебания от 310 до 60°. Эти отложения перекрыты темно-серыми глинами, быстро выклинивающимися в сторону русла. По-видимому, палеопоток впадал в какой-то водоем типа озера, отложения которого перекрыли образованные на его дне песчаные осадки конуса выноса. Седиментологическая и электрометрическая модели фации временных потоков близки к моделям фации фулькирующих рек и отличаются главным образом размерами аномалии кривой ПС.

Эоловый комплекс фаций (фация дюн). Среди континентальных отложений наиболее слабо изучены эоловые, и в частности отложения дюн, формирующиеся на берегах современных и древних рек и морей, и отложения барханов, образующиеся в пустынных областях и сложенные песчаными осадками различного генезиса. Несмотря на проведенные исследования [Попов В. М., 1950 г.; Сидоренко А. В., 1950 г., 1957 г.; Тимофеев П. П., 1967 г., 1968 г., и др.], динамические условия формирования этих образований остаются до конца не выясненными. В пределах дюн размерность слагающего их обломочного материала изменяется незначительно. Пески, как правило, очень чистые, не содержат глинистых примесей и хорошо отсортированы. Современные отложения фации береговых дюн наблюдались нами на восточном побережье Каспийского моря в районе м. Песчаного, а в ископаемом состоянии - в окрестностях пос. Шаир (Центральный Мангышлак) и в уроч. Тынымбай (Восточный Мангышлак). Ископаемые дюны в обоих случаях были связаны с русловыми отмелями рек и имели небольшие размеры. Так, в обнажениях уроч. Тынымбай они приурочены к первой стадии XV ритма ааленского яруса и залегают на поверхности русловой отмели ограниченно-меандрирующей реки. Это - пологие валообразные поднятия, перекрывающие друг друга. Ископаемые дюны имеют плоскую нижнюю и выпуклую верхнюю поверхности. Высота их, как правило, не превышает 2,0-3,0 м, а ширина 8-12 м. Они сложены массивными мелкозернистыми песками, слоистость не видна. Характерной особенностью их является несколько уплощенная по сравнению с береговыми валами симметричная форма, хорошая отсортированность обломочного материала по всему разрезу и интенсивное ожелезнение, вследствие чего пески окрашены в различные оттенки желтого, оранжевого и черного цветов.

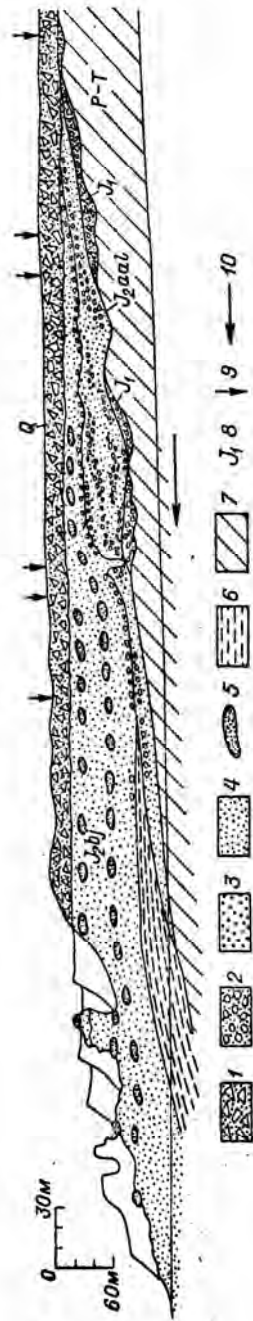


Рис. 34. Строение отложений временного потока. Составил В. С. Муромцев.

Предположительно валденское время, район пос. Шанр. 1 — брекчия; 2 — гравий; 3 — гальки; 4 — песок и песчаники; 5 — песчаные конкреции; 6 — глины и алевролиты; 7 — слюдчатые породы пержо-трисса; 8 — возраст отложений; 9 — точки наблюдения; 10 — направление дриственного потока.

Седиментологическая модель фации дюн в связи с их ограниченным развитием и слабой обнаженностью в пределах изученных нами разрезов юрской толщи Мангышлака осталась невыясненной. Основная масса осадков формировалась, предположительно, в условиях, близких к третьему динамическому уровню.

Электрометрические модели, судя по опубликованным электрометрическим разрезам отложений золотого генезиса, характеризуются кривой ПС цилиндрической формы [Conibear С. Е. В., 1976 г.; Glennie К. W., 1972 г.; Gradzinski R., Kosteca A., Rodomski A., Unrug R., 1976 г.; Baars D. L, 1961 г.; Pettijohn F. J., Potter P. E., Silver R., 1972 г.; Stokes W, L, 1961 г.]. По нашему мнению, электрометрическая модель фации дюн должна представлять собой аномалию в виде четырехугольника, осложненную в верхней части треугольником. Аномалия характеризуется небольшими отрицательными отклонениями кривой ПС, равными 0,5-0,6. Кровельная линия крутонаклонная, прямая, боковая вертикальная, подошвенная горизонтальная прямая. Как седиментологическую, так и электрометрическую модели фации дюн нельзя считать установленными, они нуждаются в дополнительном изучении и уточнении.

Морская обстановка осадконакопления

Отложения морского генезиса так же, как и континентальные, слагают продуктивные горизонты во многих нефтегазоносных бассейнах. Наибольший интерес представляют осадки прибрежно-морского комплекса фаций, поскольку именно в прибрежной части моря формируются многочисленные аккумулятивные песчаные тела, имеющие большую мощность и протяженность и способные аккумулировать значительные скопления углеводородов.

Установление в разрезе типичных для данной обстановки осадконакопления фаций дает возможность более уверенно определять другие фации, находящиеся с ними в парагенетической связи. Поэтому в настоящей работе основное внимание уделено характерным и наиболее полно изученным в современных условиях отложениям фаций прибрежно-морского комплекса, которые в той или иной мере удалось наблюдать в естественных обнажениях и скважинах.

Прибрежно-морской комплекс фаций. Прибрежная часть моря является одним из участков, где происходит интенсивное накопление терригенного материала, поступающего в морской бассейн за счет разрушения морских берегов волнами (абразии), в результате подводных размывов ранее отложившихся на дне песчаных осадков. Однако наибольшее количество обломочного материала выносят реки, представляющие собой основные транспортные артерии, по которым терригенный материал поступает в области седиментации, т. е. в места своего захоронения [22, 23, 24, 41, 43]. Обломочный материал, выносимый пресными водами рек, попадает в соленые морские воды и на стыке двух сред - континентальной и мор-

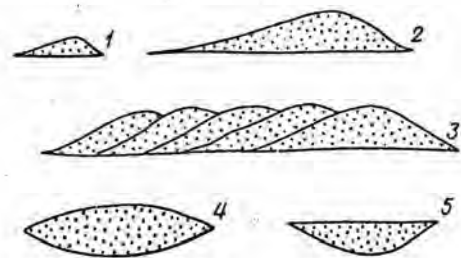


Рис. 35. Формы песчаных тел морского мелководья.

1 — прибрежный вал; 2 — вдольбереговых баров; 3 — барьерных островов; 4 — головных частей разрывных течений; 5 — промоин и разрывных течений.

ской - происходят сложные процессы, приводящие к его аккумуляции в устьях рек в значительных количествах. Другая часть терригенного материала, поступающего с суши в прибрежную часть моря, подхватывается течениями и разносится вдоль берега, а частично уносится в прилегающую часть шельфа [36, 42, 44, 47, 71, 79 и др.].

Именно в прибрежной части моря происходит формирование разнообразных песчаных образований (рис. 35), среди которых необходимо отметить следующие: устьевые и вдольбереговые бары, подводные валы, барьерные острова, косы, пляжи, а также отложения, связанные с вдольбереговыми и разрывными течениями [Зенкович В. П., 1953 г.; Леонтьев О. К., 1963 г.; Шепард Ф. П., 1969 г.].

Группа фаций вдольбереговых баров и вдольбереговых промоин.

Среди всего многообразия морских аккумулятивных форм наибольший интерес представляют песчаные тела вдольбереговых баров и подводных валов. Эти образования, широко развитые в настоящее время вдоль низменных берегов современных морей и океанов, крупных заливов и бухт [23, 42, 43, 44], имели, видимо, столь же широкое развитие и в морях минувших эпох. Именно с ними, как показывает статистика [Curtis В. F., 1961 г.; Мовшович Э. Б. и др., 1978 г.], связаны крупные скопления углеводородов в ловушках как структурного, так и неструктурного типов.

Описанию строений и особенностей формирования и размещения современных форм прибрежного мелководья посвящены работы многих советских и зарубежных авторов [Долотов Ю. С., 1971; Егоров Е. Н., 1951; Зенкович В. П., 1952 г., 1957, 1976 г.; Ингл Д. К., 1971; Кленова М. В., 1963 г., 1965 г., 1967 г.; Леонтьев О. К., Никифоров Л. Г., 1965; Лонгинов Б. В., 1956 г., 1962; Медведев В. С., Айбулатов Н. А., 1956; Михайлов В. Н., 1962, 1967 г.; Михайлов В. И., Рогов М. М., Ган Г. Н., 1971; Невесский Е. Н., 1961; Никифоров Л. Г., 1974 г.; Ульет В. Г., 1971; Шадрин И. Ф., 1961 г.; Шепард Ф. П., 1951 г., 1969; и др.].

Согласно определениям В. П. Зенковича, О. К. Леонтьева, Ф. П. Шепарда [24, 41, 79] подводным валом следует называть вытянутое валообразное скопление обломочного материала, отде-

ленное от берега вдольбереговой промоиной. По мере роста подводного вала в высоту он начинает служить все большим препятствием для волн, которые откладывают на его поверхности все новые и новые порции терригенного материала. Часть этого материала переносится волнами через гребень вала на его внутренний (обращенный в сторону берега) склон, в результате чего вал растет вверх, постепенно перемещаясь в сторону берега и превращаясь во вдольбереговой бар [22, 79, 85, 92, 93, 99].

Баром называется песчаный вал, расположенный на некотором расстоянии от берега и выступающий из-под воды в период отлива. Расположенный между баром и берегом участок моря образует лагуну [22, 79]. Постепенно перемещаясь в сторону берега, бар может выйти на поверхность и превратиться в барьерный остров или цепь островов, которые образуют барьер между берегом и морем [22, 42, 43, 79]. Примерами таких баров служат современные бары, развитые вдоль Восточного побережья США от Лонг-Айленда до Флориды, берега Мексиканского залива (о. Геольвестон), Южного побережья Техаса (о. Падре) [Wilkinson В. Н., 1975 г.], Западного берега Африки и в других районах [24, 32, 99]. Бары этого типа, протягиваясь на десятки и сотни километров, достигают ширины нескольких километров и высоты до 10 м.

Кроме вдольбереговых баров известны и другие их типы. Так, бары, приуроченные к внутренним морям, были изучены О. К. Леонтьевым [42, 43]. В отличие от вдольбереговых они чаще всего имеют серповидную и атоллообразную форму и характеризуются меньшими размерами и протяженностью. Бары такого типа часто встречаются вдоль краевых частей дельт крупных рек, на отмелях, связанных с присводовыми частями антиклинальных поднятий, выраженных в рельефе морского дна. Примерами таких баров являются современные острова и отмели, развитые в северной части Каспийского моря [43]. Наиболее характерными из них являются о. Кулалы, представляющий собой серповидный бар, и о. Чечень, состоящий из двух сходящихся серповидных баров, отгородивших внутреннюю лагуну, которая впоследствии была занесена песком, заросла растительностью и превратилась в сушу. Аналогичными по своему строению являются острова: Тюлений, представлявший собой 150 лет назад подводную отмель, Морской, Жемчужный и др. В акватории Черного моря баровое происхождение имеют Бакальская, Евпаторийская и Одесская банки.

Подводные валы и бары по своей природе близки к косам, с которыми составляют единую фациальную группу. Косой принято называть узкий намытый песчаный вал, выступающий над уровнем моря и прислоненный одним концом к берегу. В отличие от подводных валов, песчаный материал для которых приносится волнами, со дна моря, косы формируются в зонах ослабленных вдольбереговых течений, поставляющих терригенный материал для их построения. Примерами крупных современных кос являются Аграханская на Каспийском море и Арабатская стрелка на Азовском.

К этой же фацциальной группе относятся и пересыпи (комки в Черном море и нерунги в Балтийском море), представляющие собой валы, образованные из сросшихся между собой кос. Наиболее хорошо выраженной является пересыпь, отделяющая зал. Кара-Богаз-Гол от Каспийского моря.

Ископаемые песчаные тела морского мелководья и их геология до настоящего времени все еще остаются слабоисследованными. Сведения о них можно почерпнуть из следующих работ: [Berg R. R., 1968; Boyd D. R., Dyer B. F., 1966; Davidson-Arnot R. G. D., Greenwood B., 1974; Exum F. A., 1973; Exum F. A., Harms J. C., 1967; Galloway W. E., Brown L. E., 1973; Griffith E. G., 1966; Mckeel E. D. and Sterrett T. S. 1961; Pato J. D., 1959; Gradzinski R., Kosticka A., Radomski A., Unrug R., 1976; Shelton J. W., 1967; Visher G. S., 1965].

Среди этих работ, посвященных в большинстве случаев изучению отдельных аккумулятивных форм, содержащих нефть и газ, - особого упоминания заслуживают исследования третичных баровых песков Фрио в Южном Техасе [Boyd D. R., Dyer B. F., 1966], Сейсберских баров мелового возраста, обнаруженных на границе штатов Небраска и Колорадо [Griffith E. G., 1966 г.; Exum F. A., Harms J. C., 1967 г.], верхнемеловых барьерных баров Ингл в Монтане [Shelton J. W., 1967], среднepenильванских баров формации Чарока, известных в нефтегазоносном бассейне Энд [Klinger R., Ash R., 1967 г.], и целый ряд других.

Скопления углеводородов, связанные с ископаемыми баровыми песками, известны и в СССР. К ним относятся: Покровское месторождение в Куйбышевском Поволжье [Санаров С. В., Ханин И. К., 1968 г.], Новобавлинское месторождение в Татарии и Хомутовское в Башкирии [30].

Фацциа вдольбереговых баров. При изучении юрских продуктивных отложений Мангышлака в естественных обнажениях и скважинах нами были выявлены и подробно описаны песчаные тела и глинистые отложения, входящие в состав прибрежно-морского комплекса, и в том числе отложения фаций вдольбереговых баров и забаровых лагун. Эти фации широко развиты среди осадков батского яруса Мангышлака.

В присводовой части Беке-Башкудукского вала в многочисленных оврагах урочищ Карасязь и Сары-Мурун (Козий, Лагерный, Верблюжий, Кривой, Трех Филинов, Орлиный, Желтого мыса), вскрывающих отложения батского яруса, нами были обнаружены два вдольбереговых бара (рис. 36), располагающиеся друг над другом. Они разделены глинистыми отложениями забаровых лагун, к которым приурочен небольшой мощности горизонт, образованный черными и белыми глинами, представляющими собой отложение приморских болот. Этот горизонт, выделяемый нами под названием «чёрно-белого», является идеальным маркирующим горизонтом для корреляции отложений батского яруса в изучаемом районе. Системой оврагов песчаные тела верхнего и нижнего баров отсека-

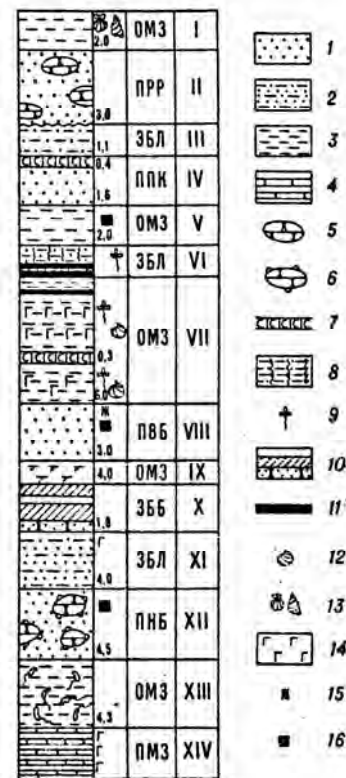


Рис. 36. Стратиграфическая последовательность напластований и фацциальных обстановок осадконакопления отложений батского яруса уроч. Сары-Мурун, Мангышлак. Составил В. С. Муромцев.

Фацциальные условия накопления осадков: ПМЗ — приморские озера; ОМЗ — опресненных мелководных морских заливов; ПББ — песков нижнего бара; ЗБЛ — забаровых лагун; ЗББ — приморских болот и лугов; ПББ — пески верхнего бара; ППК — песков пляжей и кос; ППР — песков русел и рек; I — пески и песчанки; 2 — мелкозернистые пески и алевролиты; 3 — глины; 4 — отложения типа ватт; 5 — песчаные конкреции; 6 — шишковатые песчаные конкреции; 7 — прослойки сидеритовых стержней; 8 — вертикально стоящие корни растений; 9 — растительные остатки; 10 — белые и черные глины; 11 — прослойки углей; 12 — солоноватоводная фауна; 13 — угнетенная морская фауна; 14 — лагунность; 15 — ожелезнение; 16 — лакированные пески.

I — глина серая, с угнетенной морской фауной; II — пески белые, мелко- и среднезернистые, косослоистые с конкрециями лепешковидной формы; III — светло-серая глина, песчанисто-мергельстая, с сидеритовой плитой в основании; IV — песок плотный, глинистый, светло-серый, содержит битум; V — глина светло-серая, песчаная, с прослойками гилса; VI — алевролит темно-коричневый с вертикально стоящими растительными остатками и прослойками угля; VII — глина тонколистоватая с фиолетовым оттенком, с прослойками угля в верхах, с сидеритовой плитой в средней части и ожелезненная в подошве (встречаются солоноватоводные пелелиподы); VIII — пески верхнего бара, мелкозернистые, косослоистые, неравномерно пропитаны битумом; IX — мергелистые глины; X — черно-белый горизонт, черные и темно-коричневые, жирные глины; в основании плотный песчанник; XI — глина светло-серая, песчаная; в основании прослойки красной глины; XII — косослоистый песчанник массивный, коричневатый, с железистыми стяжениями в виде шишковатых конкреций; XIII — глина светло-серая, горизонтальнослоистая (содержит мергелистые журавчики); XIV — тонкое чередование светло-серых глин и среднезернистых коричневых и оранжевых песков.

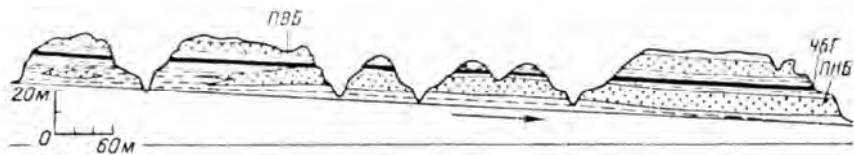


Рис. 37. Профиль по оврагу Лагерный, показывающий характер залегания баровых песков и черно-белого горизонта. Составил В. С. Муромцев.

4бг — граница черно-белого горизонта.

ются в продольном и поперечном направлениях (рис. 37), что позволило детально изучить особенности их строения и пространственного размещения.

Песчаное тело нижнего бара. В пределах уроч. Сары-Мурун песчаное тело нижнего бара изучалось нами в естественных обнажениях оврагов Лагерный, Кривой, Трех Филинов, Черепаший, Орлиный, Пологий (рис. 38). Было

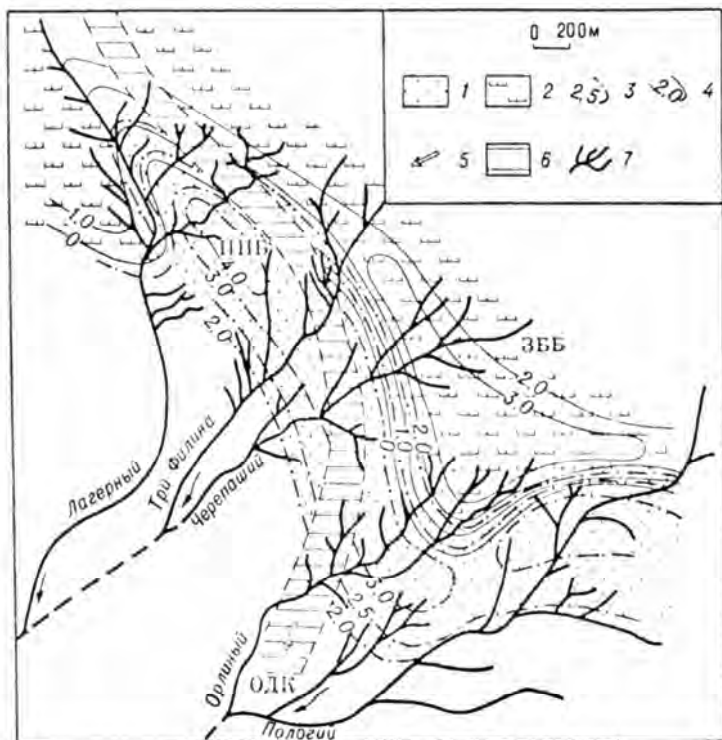
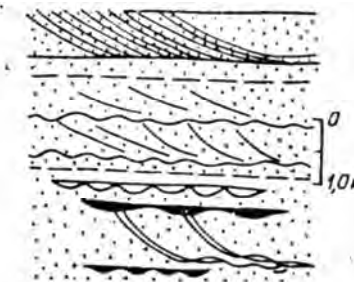


Рис. 38. Расположение баровых песков, забарового колодца и дельтового канала в батских отложениях уроч. Сары-Мурун, район колодца Карасязь. Составил В. С. Муромцев.

IV ритм, бат, овраг Орлиный, уроч. Сары-Мурун. 1 — низкоречной бар; 2 — забаровый лагуна, болота, приморские дуги; 3 — впадины песков нижнего бара; 4 — впадины глинистых отложений забаровый лагуны и болота; 5 — направление течения в дельтовом канале; 6 — зона разлома дельтового канала; 7 — сухие русла оврагов. ОДК — отложения дельтового канала.

Рис. 39. Характер залегания слоев серии и отдельных косых слоев.

Местами швы серии волнисты (ряби волнения). По косым слоям и широким швам ожелезнение впаде отложениях глинистой материи часто выполняющей пониженные участки микро рельефа.

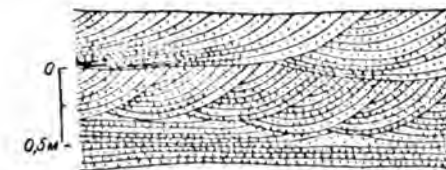


установлено, что оно протягивается с северо-запада на юго-восток на расстояние более чем 5 км и имеет ширину около 0,8 - 1,0 км. Подошва песчаного тела плоская, слабоволнистая, со следами ожелезнения. Нижняя граница песков Отчетливая, выражена резко, верхняя - выпуклая, менее резкая.

Осевая, или наиболее мощная (4,0—5,0 м), часть песчаного тела бара сложена мелко- и среднезернистыми слабоуплотненными песками желтоватого и светло-серого цвета. В большинстве разрезов песчаники в той или иной мере пропитаны нефтью, имеют темно-коричневый или черный цвет и обладают резким битуминозным запахом при раскалывании. Слоистость крупная, косая, с пологоизогнутыми и мультислойными сериями мощностью 0,4—0,8 м. В средней части бара, сложенной хорошо отсортированным песчаным материалом, слоистость выражена слабо. Однако швы косых серий часто четко видны в обнажениях, так как к ним приурочено либо интенсивное ожелезнение, либо мелкая галька белых мергелей. В верхней части песчаного тела слоистость срезающая, косоволнистая с мощностью серий 0,1—0,2 м. Характерно усложнение косой слоистости за счет наложения слоистости ряби волнений. В связи с этим нижняя часть косых слоев имеет волнистую форму, благодаря чему границы между сериями нередко бывают волнистыми. Такого типа слоистость наиболее часто наблюдается в краевых частях бара, а в его осевой части она приурочена к кровле песчаного тела (рис. 39, 40).

Рис. 40. Косая однонаправленная взаимосрезающаяся слоистость в верхней части песков нижнего бара.

IV ритм, бат, овраг Орлиный, уроч. Сары-Мурун



Местами глинистое вещество и гипс заполняют впадины между валиками ряби. В кровле тела знаки ряби имеют асимметричную форму, высота валиков 2 - 3 см, а расстояние между ними 12 см. Изредка отмечается рябь ямчатого типа (лингоидная) и отпечатки наземных растений. Характерной особенностью песков нижнего бара является наличие в них в большом количестве мелких округлых песчаных стяжений размером 5 - 10 см, которые иногда располагаются в виде наростов на поверхности более крупных песчаных конкреций.

Исследование образцов, отобранных в осевой части песчаного тела нижнего бара, показало, что количество песчаной фракции уменьшается, а глинистой увеличивается вверх по разрезу песчаного тела. В этом же направлении происходит некоторое уменьшение медианного размера обломочных зерен (см. рис. 43). Такое изменение гранулометрических параметров в разрезе песчаного тела в сочетании с другими показателями характерно для отложений трансгрессивных баров. Таким образом, рассматриваемые осадки, по всей видимости, представляют собой отложения выткнутых вдоль берега трансгрессивных баров.

Во всех изученных разрезах песчаные отложения нижнего бара покрываются пачкой переслаивания (0,3—1,0 м) тонкозернистых ожелезненных волнисто-

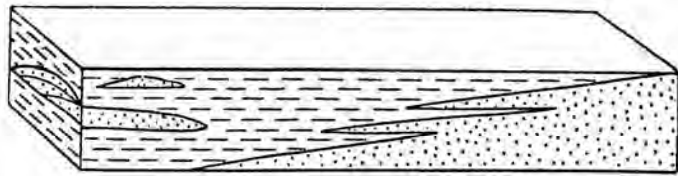


Рис. 41. Характер выклинивания песков нижнего бара.

IV ритм, бат. овраг Лагерный, уроч. Сары-Мурун.

слоистых песчаников и светло-серых глин с линзами гипса и железисто-карбонатными корочками по напластованию. В естественных обнажениях эта пачка плохо поддается разрушению и сохраняется в виде карнизов над песчаными останцами. Над ней с резким контактом залегают серые и сиреневато-серые листоватые глины с прослоями алевролитов.

Внешний, обращенный в сторону моря, склон нижнего бара обнажен слабо. Этот склон можно наблюдать лишь в нескольких разрозненных обнажениях. Судя по ним, внешний склон бара перекрыт глинистыми осадками, мощность которых постепенно увеличивается к югу и юго-западу (до 5,5 м) по мере выклинивания тела. Нижняя часть глинистой пачки представлена серыми и желтовато-серыми алевроитовыми мергелистыми разностями. Алевроитовый материал распространен в виде отдельных пятен. Глины волнисто-горизонтальнослоистые. В них встречаются прослои песчаников (0,15 м) и рассеянная мелкая галька белых мергелистых глин. Мощность этой части глинистой пачки достигает 2,0 м. Верхняя ее часть образована светло-серыми и белыми мергелистыми глинами и мергелями с редкими прослоями песчаников (0,2 м), хорошо отсортированных, слабосцементированных, с горизонтальной слоистостью. Мощность этой части пачки достигает 2,5 м. Характерная особенность глинистых осадков, отлагавшихся на внешнем склоне песчаного тела бара, - появление мергелей и мергелистых глин, а также значительные размеры ряби высотой 4-5 см, указывающей на большую амплитуду волн.

Характер выклинивания баровых песков в сторону забаровой лагуны и замещения их лагунными глинами можно наблюдать в верховьях оврагов Лагунного, Трех Филинов, Пологого и их притоков (рис. 41). В направлении к краевым частям бара мощность песчаных отложений сокращается за счет выклинивания верхних горизонтов и замещения их интенсивно ожелезненными глинами с тонкими прослоями и линзами углей и гипса. Иногда при выклинивании песчаного тела через несколько метров по простиранию наблюдались песчаные линзы небольшой мощности (0,2-1,1 м) с выпуклой верхней и горизонтальной нижней поверхностями, после чего песчаный материал исчезает совершенно из разреза, замещаясь отложениями коричнево-серых листоватых глин. Глины содержат прослои волнисто-горизонтальнослоистых алевролитов и песчаников. Местами к ним приурочены линзочки углей, черных углистых глин, гипса и корочки железистых карбонатов. Мощность этих глин достигает 1,8-2,0 м. В глинах нередко встречаются растительные остатки удовлетворительной сохранности.

Песчаное тело верхнего бара. Строение осевой части песчаного тела верхнего бара, характер замещения песков на его внутреннем склоне и глинистые отложения забаровой лагуны можно наблюдать в тех же оврагах уроч. Сары-Мурун. Осевая часть бара и его внешний (морской) склон обнажены в естественных разрезах в оврагах Желтого мыса, расположенного в восточной части этого же урочища.

Песчаное тело верхнего бара, так же как и нижнего, вытянуто на север-северо-запад и прослежено на расстоянии более 3,5 км. Наибольшая мощность его достигает 5,0 м в оврагах Лагерном, Кривом, Трех Филинов. Вкрест простирания баровой гряды мощность песков постепенно сокращается, и они замещаются глинистыми отложениями. Общая ширина песчаной гряды верхнего бара составляет 1,0-1,5 км (рис. 42).

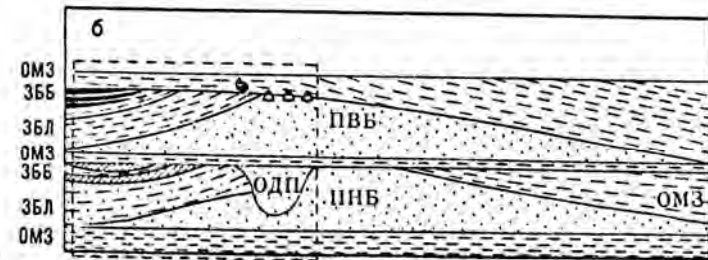
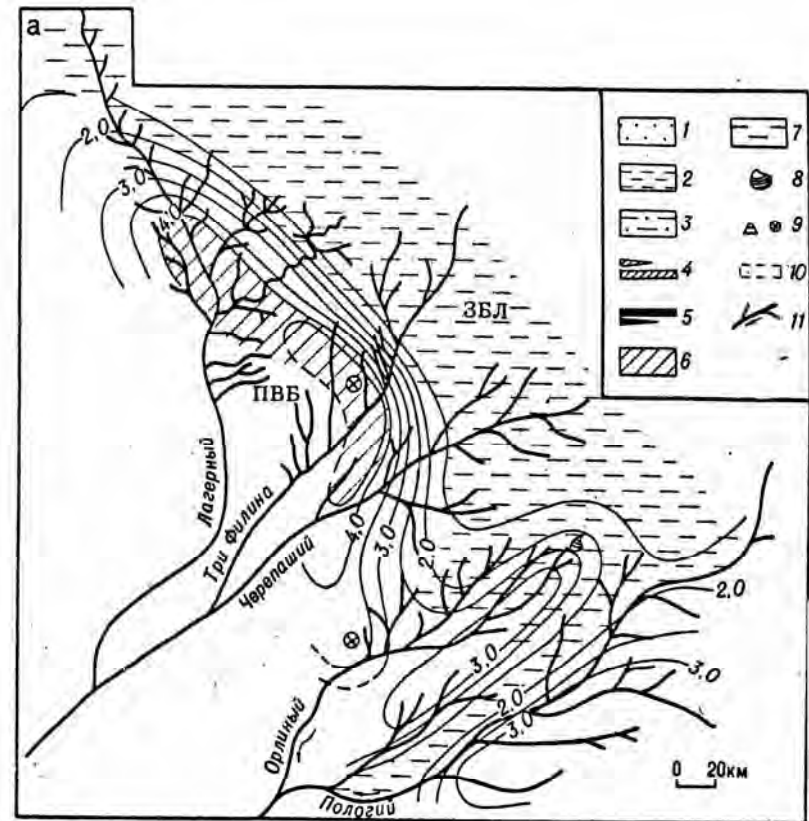


Рис. 42. Расположение песков верхнего бара (ПВБ) и отложений забаровой лагуны (ЗБЛ) в районе уроч. Сары-Мурун (а); взаимоположение песков верхнего (ПВБ) и нижнего (ПНБ) баров, опресненных морских (ОМЗ) заливов, забаровых лагун (ЗБЛ), болот (ЗББ) и осадков дельтовых проток (ОДП) (б). Составил В. С. Муромцев.

1 — пески; 2 — глины; 3 — алевролиты; 4 — черные глины; 5 — прослои углей; 6 — закровавшие участки песков; 7 — глинистые отложения забаровой лагуны; 8 — солоноватоводная фауна пелеципод; 9 — остатки вертикально стоящих стволов деревьев; 10 — изученные участки баровых песков; 11 — овраги.

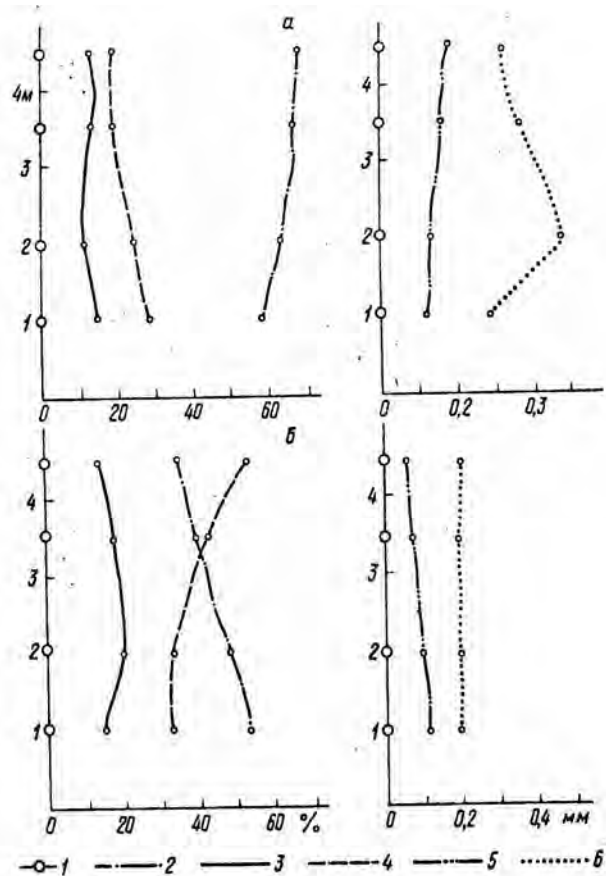


Рис. 43. Изменения гранулометрических параметров в разрезе песков верхнего (а) и нижнего (б) баров.

Батекский уроч., овраг Лагерный, Мангышлак. 1 - места отбора образцов; фракции: 2 - песчаная, 3 - алевроитовая, 4 - глинистая; размеры обломочных зерен: 5 - медианный, 6 - максимальный.

Нижняя граница песков верхнего бара слабоволнистая горизонтальная, сильно ожелезнена; верхняя пологовыпуклая, выражена резко. Песчаное тело бара в большинстве разрезов пропитано битумом, местами весьма интенсивно закировано. По всей видимости, к нему когда-то была приурочена залежь углеводородов. Обилие битума в породе придает ей характерный коричневый, а местами черный цвет. Осевая часть песчаного тела сложена серыми, серовато-коричневыми песчаниками средне- и мелкозернистыми, слабосцементированными, местами рыхлыми. Изучение гранулометрического состава баровых песков показало, что размер обломочных зерен увеличивается вверх по разрезу бара, в то время как количество глинистого материала в этом направлении (рис. 43) уменьшается; это подтверждает регрессивный характер обстановки, в которой шло формирование барового тела.

Слоистость крупная косая с мульдобразными пологими сериями, мощность которых составляет 0,2-0,5 м. Серийные швы четкие, но не резкие, иногда подчеркнуты ожелезнением или мелкой (до 1,5 см) галькой белых мергелистых глин и мергелей (рис. 44, 45). Косые слойки параллельные, вогнутые, с ритмической

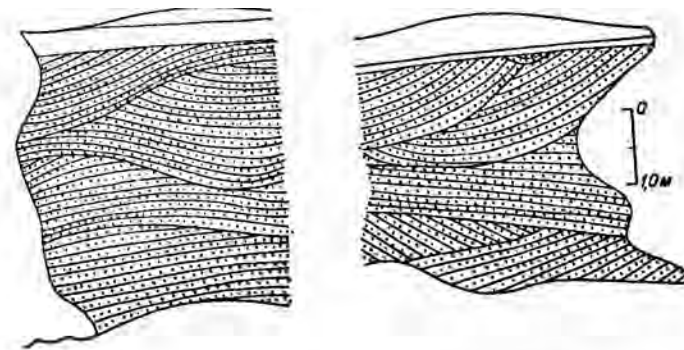


Рис. 44. Крупная косая мульдобразная взаимосрезняющаяся слоистость, характерная для центральной части песков верхнего бара.

IV ритм, бат. уроч. Сары-Мурун.

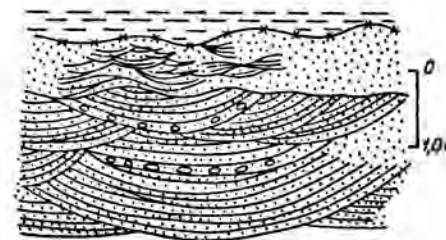


Рис. 45. Характер слоистости в краевых частях песков верхнего бара.

IV ритм, бат. овраг Лагерный, уроч. Сары-Мурун. Крупная косая мульдобразная слоистость сверху сменяется мелкой косоволнистой.



Рис. 46. Остатки стволов деревьев на поверхности песков верхнего бара.

IV ритм, бат. овраг Орлиный, уроч. Сары-Мурун. Наклон стволов показывает господствовавшее юго-восточное направление ветров.

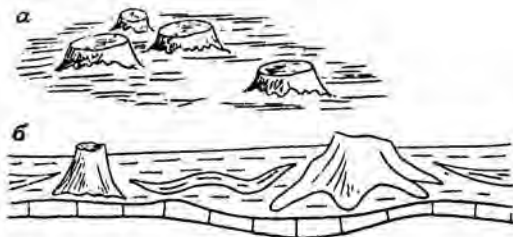


Рис. 47. Остатки вертикально стоящих стволов крупных деревьев (а) с известками между ними, которые образованы листьями, замещенными кремнеземом (б).

IV ритм, бат. овраг Верблюжий, уроч. Турбас, Мангышлак.

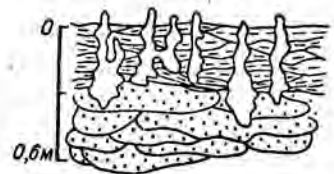


Рис. 48. Ожелезненные остатки вертикально стоящих растений.

IV ритм, бат. овраг Верблюжий, уроч. Турбас, Мангышлак.

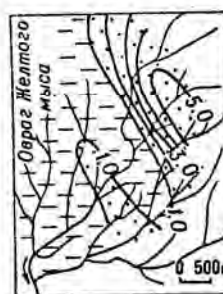
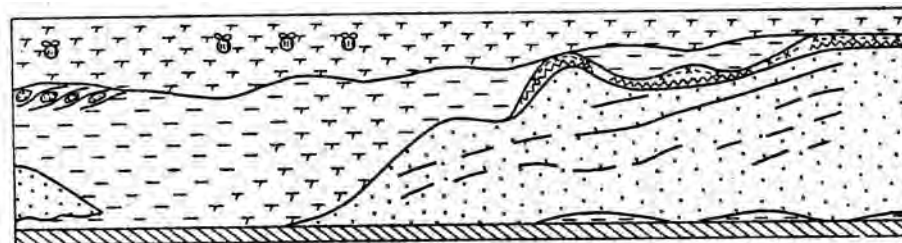


Рис. 51. Схема расположения и строения песчаного бара в отложениях батского яруса оврага Желтого мыса (Беке-Башкудукский вал на Мангышлаке). Составил В. С. Муромцев.

1 — песок; 2 — глинистые алевролиты и глины; 3 — карбонатные глины; 4 — ожелезнение по поверхностям наслоения; 5 — гипсовые корочки; 6 — погребенные береговые валы; 7 — прибрежно-морская фауна пелеципод; 8 — черно-белый горизонт.

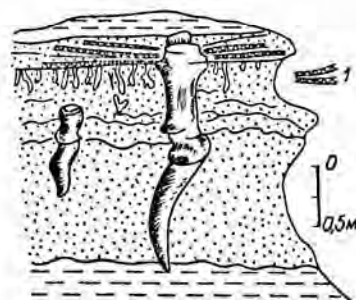


Рис. 49. Остатки корней наземных растений, норы роющих животных в канале разрывного течения.

IV ритм, бат. овраг Полозий, уроч. Сары-Мурун, Мангышлак. 1 — прослойки гипса.

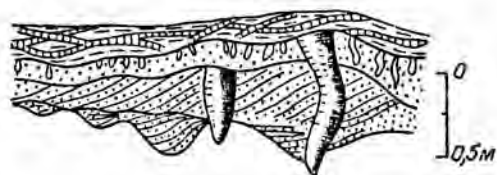


Рис. 50. Кровля песков верхнего бара с вертикально расположенными корнями растений, порами роющих животных и ветвящимися прослойками гипса.

IV ритм, бат. овраг Полозий, уроч. Сары-Мурун, Мангышлак.

сортировкой обломочного материала. Мощность косых слойков 0,01 - 0,02, редко 0,03 м. Характерно чередование косой и косоволнистой слоистости. На отдельных участках барового тела встречаются остатки вертикально стоящих стволов и корней деревьев (плотность их иногда составляет один ствол на 2 м²) (рис. 46, 47, 48). Наличие стволов и корней деревьев свидетельствует о том, что местами песчаное тело верхнего бара выступало из-под уровня моря и представляло собой серию баровых островов, заросших густыми (возможно мангровыми) лесами, которые периодически затоплялись и уничтожались волнами. На возможность существования мангровых зарослей указывает тот факт, что наряду с остатками стволов наземных растений во многих местах в большом количестве встречаются норы зарывающихся в грунт морских животных и илоедов (рис. 49, 50).

Песчаные отложения верхнего бара, так же как и нижнего, покрываются своеобразной переходной пачкой пород, образованной тонким переслаиванием глин, плотных ожелезненных песков, обладающих мелковолнистой неправильной слоистостью, с тонкими корочками железистых карбонатов и пронизывающими все эти породы ветвящимися прослойками гипса. Мощности этих прослоев колеблются от одного до нескольких сантиметров. Эта пачка с трудом поддается разрушению и обычно выступает в виде карниза или крыши над баровыми песками. По всей видимости, эти породы представляли собой хорошую покрывку для углеродов, поскольку нами не наблюдалось их проникновение в вышележащие над

крышей горизонты. Мощность таких крыш, перекрываемых светло-серыми слегка голубоватыми мергелистыми глинами, от 0,3 до 1,0 м. В оврагах Лагерный и Трех Филинов можно наблюдать переход от осевой части бара к его внешнему склону, характеризующийся постепенным сокращением мощности песков и замещением их глинистыми отложениями. На поверхности песчаного тела появляются крупные несимметричные волноприбойные знаки ряби, крутые склоны которых падают в южном направлении. Песчаные отложения перекрывают мергелистыми, зеленовато-голубыми, горизонтальнослоистыми глинами, жирными на ощупь, ожелезненными, с тонкими прослойками волнисто- и горизонтальнослоистых песков. В глинах часто встречаются обломки и целые раковины пелеципод плохой сохранности. По заключению А. А. Савельева, фауна свидетельствует об отложении этих глин в мелководном, несколько опресненном морском заливе.

Более полно внешний склон бара и перекрывающие его глинистые отложения представлены в обнажениях оврага Желтого мыса (рис. 51). Пески и песчаники, слагающие внешний склон бара, мелкозернистые, хорошо отсортированы; слоистость косая, однонаправленная, довольно крупная. Мощность серий 0,4-0,5 м. Слойки пологие, подстилающие, подчеркиваются ожелезнением. В теле бара, в пределах его внешнего склона, имеется ряд границ, наклоненных в сторону моря. Границы неровные, волнистые, несут следы перемиыва осадков. К ним приурочены глинистые прослои, редкая галька белых мергелей иногда ожелезненная. В южном направлении, в сторону моря, галька исчезает, появляются крупные серии косослоистых песков, достигающие мощности 0,6 м. В пределах внешнего склона встречается мелкая, неправильно изогнутая слоистость, которая обычно образуется в зонах взмучивания или деформации осадков при их оползании; мощность их до 0,2 м. В кровле песчаного тела пески сильно ожелезнены. К поверхности ожелезнения в большом количестве приурочены ходы и норы зарывающихся организмов. Норы достигают глубины 0,2-0,3 м и располагаются вертикально к поверхности

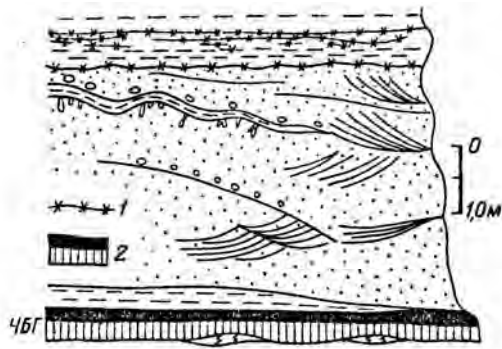


Рис. 52. Расположение древних поверхностей в песках верхнего бара, к которым приурочены следы ходов роющих животных.

IV ритм, бат, овраг Желтого мыса, уроч. Сары-Мурун, Мангышлак. 1 — корочки ожелезнения; 2 — отложения черного белого горизонта.

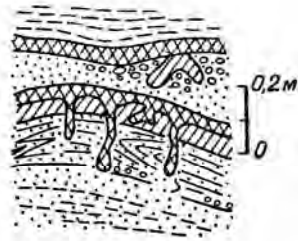


Рис. 53. Следы ходов роющих животных на поверхности песков верхнего бара.

IV ритм, бат, овраг Желтого мыса, уроч. Сары-Мурун, Мангышлак.

(рис. 52, 53). В некоторых разрезах тело бара покрывается песчано-глинисто-железистыми отложениями - крышей, которая, как и в других баровых телах, достигает мощности 0,4-0,5 м. Во многих местах отмечается мелкая волнистая и косоволнистая слоистость ряби волнения, приуроченная к кровле песчаного тела. Подошва изучаемых песков в пределах внешнего склона бара горизонтальная, слегка волнистая. Пески верхнего бара залегают на черных глинах без следов размыва. В сторону моря мощность их быстро сокращается и они замещаются глинами (рис. 51). Однако через некоторое время пески вновь появляются в разрезе в виде линзовидно выпуклого песчаного тела (подошвенного вала), достигающего 1,5 м мощности. Выклинивание песчаного тела верхнего бара в сторону забаровой лагуны, или его внутренний (лагунный) склон, можно наблюдать в овраге Лагерном и его левых притоках. Здесь происходит постепенное замещение песчаных пород глинистыми разностями. Песчаное тело расщепляется на отдельные прослои, которые, выклиниваясь, замещаются песчаными глинами темно-серыми тонколистватыми с прослоями алевролитов, линзами, углей и щеточками гипса. Часто встречаются растительные остатки плохой сохранности. Мощность лагунных глин постепенно увеличивается до 2 м.

Таким образом, нами было рассмотрено два песчаных тела вдольбереговых баров (нижний и верхний), которые по внешним признакам мало отличаются один от другого. Оба песчаных тела характеризуются выпуклой верхней и горизонтальной нижней поверхностями. Их. внешние склоны перекрыты мергелистыми голубовато-серыми глинами, а внутренние — сиреневато-серыми глинами с прослоями углей, гипсов и черных глин. Даже осевые части песчаных тел имеют много общего. Они образованы мелкозернистыми песками с хорошо выраженной косою слоистостью, имеют одинаковую мощность, не превышающую 5 м. При относительно небольшой мощности песчаных тел литологические изменения в пределах их осевых зон слабо выражены, и выявить их удалось лишь при изучении по разрезу характера изменения размерности обломочных зерен и содержания глинистого вещества. Указанные па-

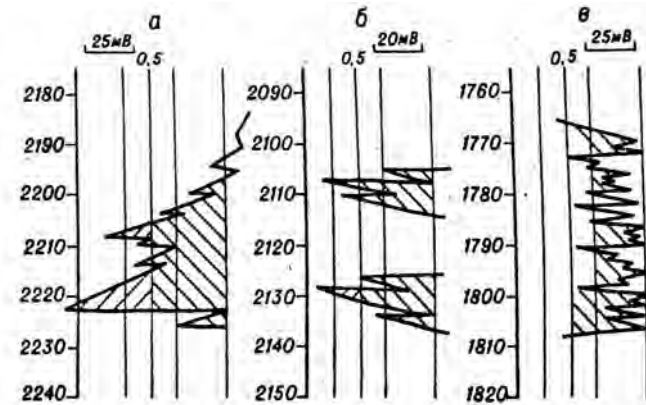


Рис. 54. Типовые электрометрические модели фаций вдольбереговых (трансгрессивных) баров (а), гребней штормовых волн и приливных течений (б) и приморских болот (маршей) (в).

раметры являются наиболее информативными для установления направленности изменения гидродинамических режимов среды седиментации при формировании песчаных тел вдольбереговых баров в условиях регрессивного и трансгрессивного бассейнов (рис. 43).

Проведенные исследования особенностей строения и пространственного размещения песчаных отложений нижнего бара, формировавшегося в условиях трансгрессивного морского бассейна, позволили создать седиментологическую модель трансгрессивного вдольберегового бара. Модель формирования трансгрессивных баров характеризуется тем, что начальный этап их образования связан с высокой динамикой водной среды (первый-второй гидродинамический уровень), обусловившей накопление относительно грубозернистых осадков. По мере развития трансгрессии и углубления бассейна происходит снижение гидродинамической активности (третий-четвертый гидродинамический уровень) и отложение тонкозернистых и глинистых осадков.

В связи с этим электрометрическая модель фации вдольбереговых трансгрессивных баров в формализованном виде представляет собой аномалию ПС в форме треугольника, расположенную в зоне отрицательных отклонений кривой. Для нее характерны горизонтальная подошвенная и наклонно-зубчатая кровельная линии (рис. 54).

В условиях регрессирующего морского бассейна перемещение гребня бара происходит вслед за отступающим морем и зона отложения грубозернистых осадков, формирующихся при высоких гидродинамических уровнях, перемещается в сторону моря, перекрывая образовавшиеся ранее более тонкозернистые осадки. Поэтому седиментологическая модель регрессивного бара будет отражать увеличение активности среды седиментации от низких и очень низких гидродинамических уровней, характерных для начальных эта-

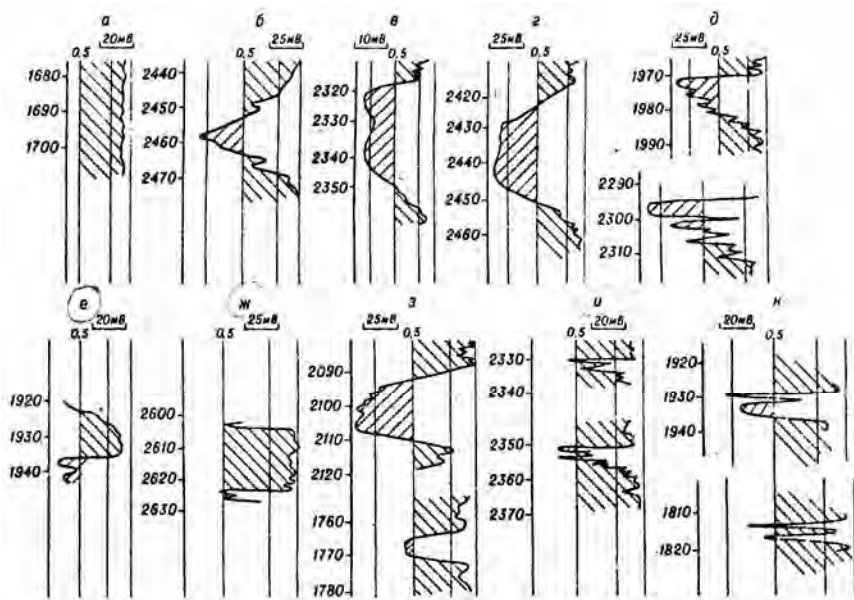


Рис. 55. Типовые электрометрические модели отложений прибрежно-морских фаций. Составил В. С. Муромцев.

Электрометрические модели фаций: а — открытого моря с накоплением глинистых отложений, б — головных частей разрывных течений, в — барьерных островов, г — устьевых баров, д — вдольбереговых регрессивных баров, е — забаровых лагун, ж — морских заливов, бухт, з — промоин разрывных течений, и — прибрежных валов, к — дамбей.

пов его формирования, до высоких и очень высоких на завершающих этапах образования песчаного тела.

Увеличение размерности обломочного материала и уменьшение глинистости вверх по разрезу песчаного тела, обусловленное динамическими условиями накопления баровых отложений в регрессирующем морском бассейне, находит отражение на электрометрических кривых.

Электрометрическая модель фации вдольбереговых регрессивных баров представляет собой простую аномалию в виде прямоугольного треугольника, расположенную в зоне отрицательных отклонений ПС. Кровельная линия ее горизонтальная, подошвенная наклонена и чаще всего осложнена зубчатостью, боковая линия отсутствует. Песчаные тела подводных валов имеют сходную электрометрическую модель, отличающуюся меньшими размерами аномалии ПС (ширины и амплитуды) (рис. 55).

Некоторыми отличительными от вдольбереговых баров свойствами обладают баровые острова, которые представляли собой отдельные бары или несколько наложенных друг на друга баровых гряд, вышедших на поверхность в виде островов. Прибрежные части этих островов могли подвергаться перемыву или намыву осадков. С момента образования острова вдоль его береговой

линии под воздействием прибойных волн накапливался хорошо окатанный обломочный материал.

Седиментологическая модель фации барьерного острова характеризуется постепенным нарастанием активности среды седиментации от четвертого (или третьего) до второго (или первого) гидродинамических уровней, а затем ее стабилизацией после выхода бара на поверхность моря и превращения его в остров. Электрометрическая модель барьерного острова представляет собой сложную аномалию, состоящую из двух геометрических фигур: треугольника и расположенного над ним четырехугольника. Аномалия находится в зоне отрицательных отклонений ПС. Кровельная линия горизонтальная; боковая вертикальная ровная или волнистая; подошвенная наклонная, осложнена зубчатостью (рис. 55).

В качестве примера выделения по данным электрокаротажа регрессивных баровых песков и связанных с ними глинистых отложений забаровых лагун и характера их распределения на площади могут быть представлены профиль и карты, построенные нами для осадков II ритма батского яруса Тенгинской площади Мангышлака. На профиле, проходящем вдоль длинной оси складки, видна невыдержанность слагающих этот ритм осадков (рис. 56). В пределах исследуемой площади баровые пески образуют несколько гряд, вытянутых на северо-запад и разделенных глинистыми осадками забаровых лагун (рис. 57). Кроме того, анализ каротажных кривых показал, что баровые пески рассекались промоинами разрывных течений. Одна из таких промоин, заполненная песчаными отложениями, вскрыта скв. 109 в северо-восточной части антиклинали. Единичный разрез этого песчаного образования не дает возможности судить о характере его размещения по площади, но можно предполагать, что оно располагалось субперпендикулярно к простиранию баровых гряд.

Проведенные нами исследования юрских отложений Мангышлака в естественных обнажениях и скважинах показали, что наиболее благоприятные условия для формирования баровых отложений возникали на участках стабилизации береговых линий в периоды переходов от регрессии к трансгрессии и наоборот. При этом особенно благоприятная обстановка создавалась при максимальном развитии регрессии моря, так как именно в этот период происходил интенсивный размыв областей денудации и поступление в прибрежную часть моря большого количества терригенного материала, необходимого для формирования песчаных тел регрессивных баров. В последующую трансгрессивную фазу эти песчаные тела надежно захоронились, образовав хорошие литологические ловушки углеводородов.

Несколько иначе, видимо, происходило формирование трансгрессивных баров. Начальный период трансгрессии характеризовался повышением базиса эрозии, уменьшением областей сноса, а следовательно, и сокращением поступающего в бассейн обломочного материала. В максимальной фазу развития трансгрессии обломоч-

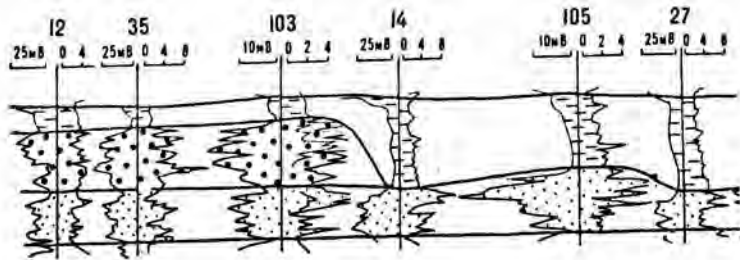
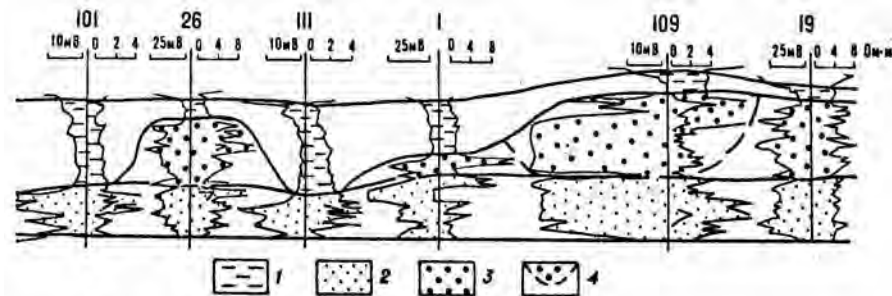


Рис. 56. Литолого-геофизический профиль, секущий баровые Составил

1 — глины; 2 — пески; 3 — баровые

ный материал подавался в прибрежную зону, по всей видимости, со дна моря за счет размыва затопленных аккумулятивных образований. Бары, сформированные в период трансгрессии, при последующей регрессии подвергались осушению, воздействию ветра, размывались поверхностными водами. В результате созданные песчаные тела оказывались частично или полностью уничтоженными



пески V ритма батского яруса в районе месторождений Теньга, В. С. Муромцев.

пески; 4 — пески канала разрывного течения.

Таким образом, условия для образования и сохранения регрессивных и трансгрессивных баров оказались неравноценными. Этим, вероятно, следует объяснять то обстоятельство, что трансгрессивные бары встречаются в ископаемом состоянии реже, чем регрессивные.

Формирование баровых гряд происходило не только в периоды длительных стояний береговых линий, но, по-видимому, и при их кратковременной стабилизации в условиях прерывистого развития трансгрессий и регрессий, связанных с медленными вертикальными подвижками земной коры. В связи с этим наиболее благоприятными для широкого развития баровых фаций следует считать области молодых платформ, краевые части древних платформ, различного рода прогибы, где вертикальные движения имели значительное развитие.

Фация баровых лагун и вдольбереговых промоин. Образованию лагуны предшествует возникновение между берегом и растущим баром береговой промоины. При достижении баром поверхности моря или образовании барьерного острова вдольбереговая промоина превращается в лагуну. Лагуны - это мелководные бассейны, чаще всего вытянутые вдоль морских побережий и отделенные от открытого моря песчаными отмелями (барями) или барьерными островами [92].

Условия осадконакопления в пределах лагун характеризуются ограниченной площадью, малыми глубинами, застойностью водной среды. Вследствие этого в них накапливаются преимущественно илы с высоким содержанием органического вещества либо хемогенные или карбонатные осадки. При регрессии лагуны теряют связь с морем, мелеют, заносятся сносимым с окружающей суши терригенным материалом [Дзенс-Литовский А. И., 1954 г.; Зенкович В. П., 1950 г.; Леонтьев О. К., Леонтьев В. К., 1957 г.]. На низменных берегах современных лагун кроме приморских болот широко развиты приморские луга - лайды [22, 23, 24].

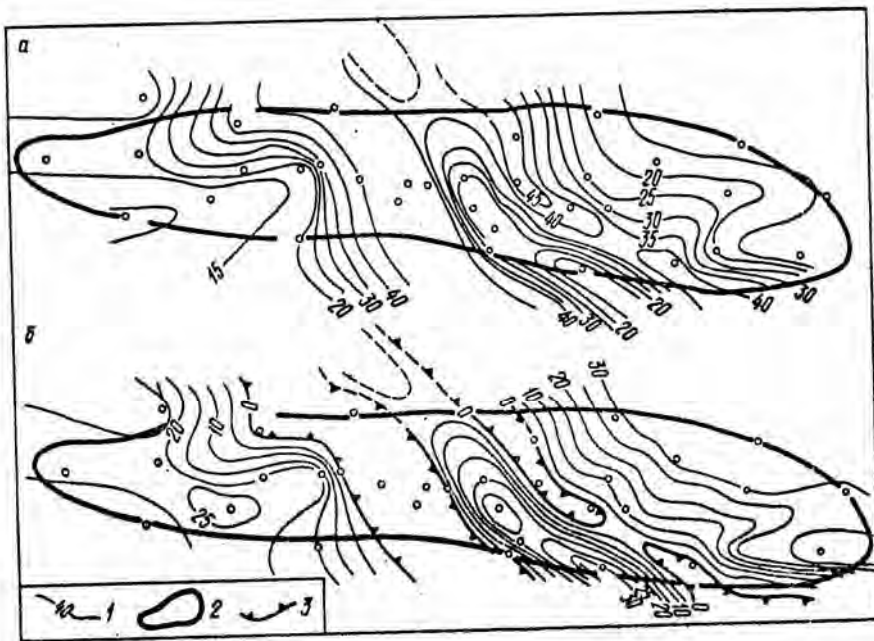


Рис. 57. Расположение песчаных тел (баров) и экранирующих их глини (забаровых лагун), выделенных по данным электрокаротажа в V-ритме батского яруса Тенгиской площади Мангышлака. Составил В. С. Муромцев.

а — распределение глинистых отложений-экранов; б — характер залегания песчаных тел: 1 — линия равной мощности; 2 — контуры антиклинальной складки; 3 — граница выклинивания песчаных отложений.

Осадки забаровых лагун наблюдались нами как в обнажениях батского яруса в районе уроч. Сары-Мурун, так и в многочисленных скважинах, пробуренных в пределах Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака. Среди отложений изученных нами ископаемых лагун, связанных с регрессивными и трансгрессивными барами, могут быть выделены отложения их краевых и центральных частей.

Краевые части забаровых лагун образованы серыми, иногда коричневатыми с сиреневатым оттенком местами опесчаненными глинами, содержащими тонкие прослои алевролитов и пропластки и линзы мелкозернистых песчаников мощностью до 0,2 м. В глинах иногда встречаются вертикально расположенные остатки растений, обугленный растительный детрит, тонкие линзочки углей. Формирование этих отложений в краевых частях забаровых лагун, подвергавшихся влиянию стекающих в них с суши водных потоков, происходило в условиях относительно неустойчивого гидродинамического режима (четвертый-третий динамические уровни). Часть песчано-алевритового материала поступила, видимо, в краевые части лагун за счет приноса ветрами.

В центральных частях забаровых лагун накопление осадков происходило в условиях малой подвижности водных масс (пятый гидродинамический уровень). Здесь отлагались черные, богатые органическим веществом, жирные на ощупь глины, иногда со следами вертикально расположенных растений, либо темно-серые глины, содержащие прослои углей небольшой мощности, сидеритовые конкреции, изредка солоновато водные пеллециподы. Мощность глинистых отложений в центральной части забаровых лагун достигает 4,0 м, уменьшаясь к их краевым частям.

Проведенные исследования показали, что при регрессивном и трансгрессивном развитии морского бассейна строение лагунных отложений различается по последовательности напластования слагающих их осадков. Так, при регрессии, когда береговая линия смещается в сторону моря, отложения краевых частей лагун, расположенные на границе с сушией, перемещаясь в направлении к морю, перекрывают ранее отложившиеся осадки центральных частей лагуны. Вследствие этого седиментологическая модель фации забаровых лагун и вдольбереговых промоин в условиях регрессирующего морского бассейна будет характеризоваться постепенным увеличением динамической активности водной среды от очень низкого гидродинамического уровня к низкому и среднему уровням. В связи с этим электрометрическая модель этих отложений представляет собой простую аномалию, имеющую вид неправильной трапеции и расположенную в зоне положительных отклонений ПС. Кровельная линия наклонная зубчатая; боковая прямая, волнистая; подошвенная горизонтальная (рис. 55).

В условиях трансгрессирующего морского бассейна лагунные отложения характеризуются иной последовательностью смены отложений в разрезе. Это объясняется тем, что при трансгрессии береговая линия смещается в сторону суши. В этом же направлении.

происходит перемещение лагунных образований. При этом отложения центральной части забаровой лагуны, представленные черными неслоистыми глинами, смещаясь в сторону суши, перекрывают песчано-глинистые осадки краевой ее части. Поэтому седиментологическая модель сформированных в условиях трансгрессии отложений фации забаровых лагун, представляющая собой постепенный переход от частого переслаивания песчано-глинистых осадков к чистым глинам, отражает постепенное снижение палеодинамики водной среды от третьего гидродинамического уровня к пятому. Электрометрическая модель этих отложений представлена простой аномалией в виде неправильной трапеции, расположенной в зоне положительных отклонений кривой ПС. Кровельная линия горизонтальная; боковая прямая, волнистая; подошвенная наклонная, зубчатая. Электрометрическая модель фации забаровых лагун, развивающихся в условиях трансгрессирующего морского бассейна, имеет большое сходство с моделями речных пойм меандрирующих рек. Уверенное различие их может быть осуществлено лишь в результате анализа генетических рядов фаций и соответствующих им моделей.

Группа фаций разрывных течений. Разрывные течения возникают в забаровых лагунах в результате нагона в них через бар морской воды в период штормов или заполнения их пресными водами, стекающими с суши. В том или ином случае избыточные воды разрывают песчаное тело вдольберегового бара и устремляются в открытое море. Разрывные течения образуют на дне лагун и во вдольбереговых барах борозды и промоины, имеющие вид неглубоких желобов, располагающихся как вдоль, так и поперек забаровой лагуны [22, 23, 41, 79]. Во время приливов через эти промоины в лагуну могут проникнуть морские воды, а в периоды отлива масса воды устремляется в обратном направлении. В связи с этим разрывные течения могут носить кратковременный характер и достигать скоростей 3,5 км/ч [79].

По своим гидродинамическим особенностям разрывные течения близки к течениям, существующим в руслах рек и дельтовых каналах [79]. Переносимый ими обломочный материал заполняет промоины, образуя песчаные тела, весьма сходные по своему строению с песчаными образованиями рек и каналов дельт.

Фация промоин разрывных течений. Песчаное тело, образованное, по видимому, разрывным течением, наблюдалось нами в естественных обнажениях в овраге Пологий при изучении песков верхнего бара и осадков расположенной за ним забаровой лагуны. В отличие от песков, слагающих верхние и нижние бары, имеющих северо-западное простирание, это тело протягивается в виде прямой полосы, расположенной перпендикулярно к простиранию баровых гряд. Глубоко вдаваясь в глинистые осадки забаровой лагуны, оно рассекает отложения верхнего бара, Пески, выполняющие канал разрывного течения, светло- и темно-серого цвета, мелкозернистые, хорошо отсортированные,

с карбонатным цементом, благодаря чему они являются более плотными и выступают в обнажении в виде карниза. Вверх по разрезу песчаного тела размер обломочных частиц постепенно уменьшается. Слоистость косая, слабозамечная. Границы серий тонкие, неотчетливые; серии имеют мощность 0,3—0,5 м. В верхней части песчаного тела появляется слоистость типа ряби волнений, тонкие щетки гипса, ожелезнение. Среди песчаников встречаются карбонатные очень плотные конкреции. Мощность песчаного тела в овраге Пологом 0-1,2 м.

В основании изучаемого песчаного тела наблюдаются следы размыва. На контакте с подстилающими баровыми песками залегают галька слабоокатаных серых песчаников, белых мергелей и глин. Граница размыва неровная, в виде карманов. Часто к ней приурочены следы ожелезнения. При пересечении промоиной размывного течения вдольберегового бара он чаще всего бывает прорезан не до самой подошвы. Вследствие этого под врезом промоины сохраняется какая-то часть баровых песков. В кровле песчаного тела местами залегают тонкозернистые пески или алевролиты со следами роющих животных и илоедов. В направлении к боковым частям промоины заполняющие ее пески постепенно замешаются алевролитами и глинами с горизонтальной и волнисто-горизонтальной слоистостью. По напластованию встречаются щетки гипса и следы ожелезнения. Отложения этой фации были выделены нами при изучении керна скважин (Сауты-1, Теньга-109) в районе Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака (рис. 56).

Седиментологическая модель фации промоин разрывных течений характеризуется относительно стабильными палеогидродинамическими условиями накопления песчаных осадков с преобладанием второго-третьего динамических уровней.

Проведенные исследования показали, что песчаные осадки, сформированные в промоинах размывных течений однонаправленными водными потоками, по своим гидродинамическим условиям образования, литологическому составу, характеру залегания и смене пород по разрезу песчаного тела близки к отложению фаций русловых отмелей ограниченно-меандрирующих рек и дельтовых каналов. Это обусловило сходство как седиментологических, так и электрометрических моделей этих фаций.

Электрометрическая модель фации промоин разрывных течений представляет собой простую аномалию, имеющую вид четырехугольника и расположенную в зоне отрицательных отклонений кривой ПС. Подошвенная линия аномалии, часто осложненная несколькими небольшими зубцами, отражающими сохранившуюся от размыва часть баровых песков, является одним из диагностических признаков для распознавания по данным каротажа песчаных тел, выполняющих промоины размывных течений, среди песчаных образований другого генезиса, и в частности русловых песков,

Фация головных частей размывных течений. Как было показано В. П. Зенковичем [24], О. К. Леонтьевым [41] и Ф. П. Шепардом [79], разрывные течения в современных морях, устремляясь в открытое море через промоины в баровых грядах, выносят с собой часть обломочного материала. В открытом море из-за растекания струй и падения скоростей в головных частях размывных течений выносимый ими песчаный и алевроитовый материал накапливается в виде подводного конуса выноса. Эти отложения могут занимать различную площадь в зависимости от длительности действия этих течений, количества выносимого ими материала, рельефа морского дна, климатических и гидродинамических условий, существовавших в данной части акватории [24, 41, 79]. В период действия разрывных течений в их головных частях вначале отлагаются тонкозернистые осадки. Затем по мере возрастания силы потока площадь разноса, размерность и количество выносимого материала увеличиваются. По достижении некоторого максимума энергия потока постепенно падает, уменьшается зернистость выносимых осадков и площадь их распространения. В связи с этим седиментологическая модель фации головных частей размывных течений характеризуется постепенным нарастанием динамической активности среды осадконакопления (от четвертого к третьему гидродинамическому уровню) и после достижения наиболее высокого (второго) гидродинамического уровня ее постепенным спадом. Отсюда электрометрическая модель этой фации будет представлять собой простую аномалию в виде равнобедренного треугольника, расположенную в зоне отрицательных отклонений кривой ПС.

Аномалии подобной формы были обнаружены нами в электрометрических разрезах батских и байосских отложений Мангышлака (скв. Тасбулат-5, 13; Ж.етыбай-33, 36; Узень-7, 92 и др.). Соответствующие этим аномалиям отложения по характеру пространственного размещения, внутреннему строению и взаимосвязи с окружающими аккумулятивными образованиями (главным образом, с образованиями промоин разрывных течений) предварительно отнесены нами к фации головных частей размывных течений (рис. 55).

Группа фаций устьевых баров, пляжей, приморских болот и лугов. Отложения фации устьевых баров образуются при впадении речных вод в морской бассейн. При выходе из устья реки поток пресной воды, растекаясь по поверхности соленой морской воды, имеющей большую плотность, теряет скорость и отлагает влекомый им терригенный материал в прибрежной мелководной части моря: формируется отмель — устьевой бар [19, 44, 49, 50]. По мере приближения бара к поверхности моря активность среды будет возрастать, что повлечет за собой постепенное увеличение размерности обломочных частиц вверх по разрезу песчаного тела бара.

После того как бар выйдет на поверхность моря, на него в периоды паводков будут воздействовать воды, поступающие с суши.

Эти воды, обладающие большими скоростями течения и несущие большое количество терригенного материала, будут промывать в теле бара промоины - протоки - и по ним выносить обломочный материал, откладывая его у внешнего склона устьевого бара и постепенно наращивая его в сторону моря. По мере спада паводков и ослабления скорости речных вод в протоках откладывается наиболее грубый обломочный материал, а на участках, расположенных между ними, - песчано-глинистые отложения, характерные для речных пойм. Таким образом, верхняя часть песчаного тела устьевого бара будет характеризоваться постепенным сокращением размерности обломочных зерен вверх по разрезу.

Седиментологическая модель фации устьевого бара будет отражать вначале увеличение палеогидродинамической активности среды седиментации от четвертого до первого-второго уровней (как это имеет место у морских баров), затем следует их стабилизация в течение того или иного периода и в конце формирования бара - постепенное ослабление динамики среды до четвертого-пятого уровней. В связи с этим электрометрическая модель фации будет представлять собой сложную аномалию, расположенную в зоне отрицательных отклонений ПС, которая при некоторой геометрической формализации будет напоминать равнобедренную трапецию. Кровельная линия аномалии - наклонная прямая, либо волнистая или зубчатая, боковая - вертикальная прямая или волнистая, подошвенная - наклонная прямая или зубчатая (рис. 55).

Песчаные тела устьевых баров изучались нами только в разрезах скважин, так как в обнажениях их обнаружить не удалось. Они были описаны нами на месторождениях Тасбулат (скв. 1), Жетыбай (скв. 10, 30, 66) и главным образом в районе Южного Жетыбая, где они вскрываются многими скважинами. Проведенные исследования отложений устьевых баров и разрывных течений на Мангышлаке, а также конусов выноса стоковых течений в Западной Сибири показали, что все эти образования имеют сходство по своим динамическим условиям формирования и различаются по масштабам явления и местоположением на шельфе. В связи со сказанным электрометрические характеристики упомянутых образований будут иметь много общего.

Пляжевые отложения по существующим представлениям формируются на морских берегах в пространстве между зоной опрокидывания воли и зоной их максимального заплеска [22, 24, 27, 32, 79]. Материал, слагающий пляжи, может быть самым различным: от песков до галечников. В пределах современных пляжей В. П. Зенкович [24], О. К. Леонтьев [41], Ф. П. Шепард [79] выделяют фронтальную и тыловую части. Первая охватывает террасу отлива и заплеска волн, вторая - две ступенчатые террасы с береговыми валами, из которых нижняя образуется в период прилива, верхняя - в период штормов. Со стороны суши пляжи ограничены береговыми уступами - клифами (рис. 58).

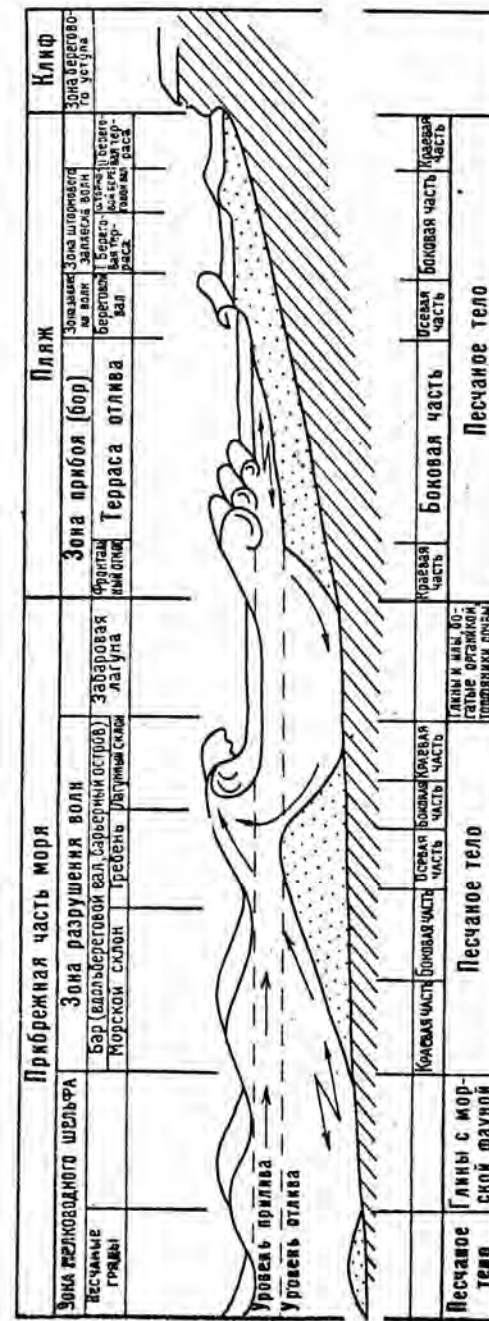


Рис. 58. Типовая модель образования аккумулятивных песчаных тел в прибрежной части мелководного моря. Иллюстрированы материалы Ф. П. Шепарда и Д. Л. Ипмана, В. П. Зенковича, М. В. Кленовой, Д. С. Ингла и других.

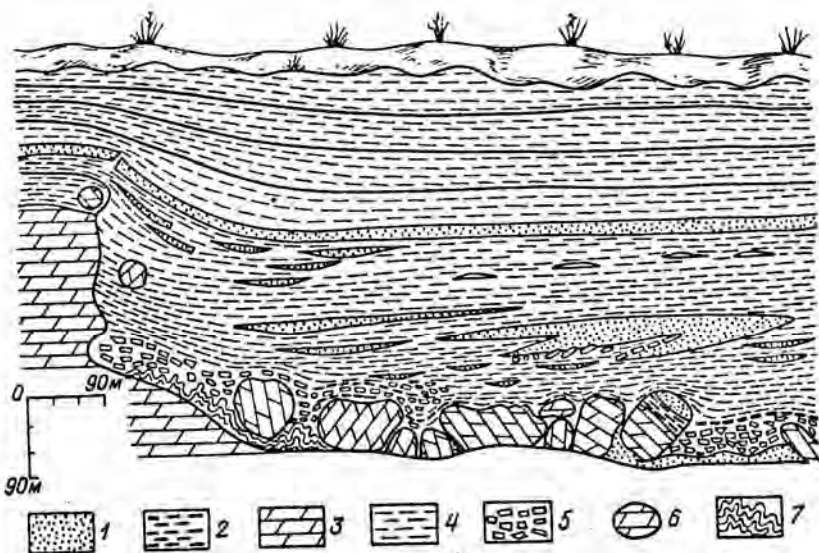


Рис. 59. Схема расположения захороненного берегового уступа в юрских отложениях Мангышлака, хр. Западный Каратау. Составил В. С. Муромцев.

1 — пески; 2 — слоистые обломки; 3 — мергели; 4 — глина; 5 — обломки мергелей; 6 — глыбы и обломки; 7 — следы оползания глины.

Поступление терригенного материала на пляж осуществляется за счет переноса его волнами и вдольбереговыми течениями. В пределах пляжа обломочные частицы, двигаясь вверх и вниз по склону, одновременно перемещаются и вдоль берега. При этом происходит сортировка зерен в зависимости от гидродинамических условий по их крупности и плотности [22, 24, 27, 41, 79, 92, а также McKee E. D., Sterrett T. S., 1961 г.].

Исследования, проведенные Д. К. Инглом [27], показали, что наиболее крупный обломочный материал в пляжевых песках концентрируется у основания фронтального откоса пляжа и в зоне береговых валов (берм). Что касается ископаемых пляжевых отложений, то выделить их с достаточной достоверностью удается весьма редко [34, 58]. При наших исследованиях на Мангышлаке также не удалось выявить типично выраженные пляжевые пески, хотя клиф (береговой уступ) нами был обнаружен в осадках батского яруса в районе колодца Торыш (рис. 59). Тем не менее отложения, похожие на пляжевые, были установлены и описаны среди осадков батского яруса в уроч. Сары-Мурун в сводовой части Беке-Башкудукского вала (овраги Лагерный, Желтый мыс, Турбас и др.). Разрез этих отложений представлен следующими породами (снизу вверх):

1) алевриты горизонтально- и волнисто-слоистые, слабо-ожезненные со следами зарывающихся организмов;

2) песчаники серые, желтовато-серые, зеленоватые мелкозернистые, хорошо отсортированные, косослоистые, реже со ; знаками ряби мелководья; 3) алевриты светло-серые, горизонтально слоистые, плотные; 4) песчаники мелкозернистые, волнисто-слоистые с ходами илоедов, пропитанные битуминозным веществом.

Мощность этих отложений достигает 2 м. Они перекрываются тонкогоризонтально-слоистыми алевритами с волноприбойными знаками, со следами вертикально стоящих растений и тонкими линзовидными прослоями углей.

Основываясь на том, что описанные выше осадки залегают на отложениях забаровой лагуны, сложены алевритами с двумя прослоями мелкозернистых песков, содержат в своей нижней части следы деятельности морских животных, а сверху перекрыты осадками, формировавшимися на суше, можно предполагать, что они представляют собой пляжевые осадки, образованные на берегу забаровой лагуны. Отсутствие характерных для пляжевой фации грубозернистых песков и пляжевой слоистости [58], видимо, следует объяснять очень малым углом наклона лагунного берега, относительно слабой динамической активностью среды и отсутствием грубозернистого материала в пределах лагуны.

Таким образом, исследования типично пляжевых песков, проведенные Д. К. Инглом [27], и наши наблюдения отложений типа пляжевых, развитых на побережье забаровой лагуны, показали, что динамические условия образования этих отложений сходны между собой. С учетом сказанного седиментологическая модель фации пляжей будет характеризоваться наличием двух максимумов гидродинамической активности (первый и второй уровни). С этими максимумами связано формирование валов, сложенных более грубым обломочным материалом в зоне прибоя в периоды приливов и штормов. В связи со сказанным и электрометрическая модель фации пляжей представляет собой сложную аномалию в виде двух прямоугольных треугольников, расположенных один над другим в зоне отрицательных отклонений кривой ПС. Кровельная линия горизонтальная, подошвенная слабо наклонена и чаще всего рассечена (рис. 55). Аномалии этого типа развиты в келловейских отложениях Мангышлака и в верхах елховского горизонта Среднего Поволжья. Однако в связи с тем что изученные нами пляжи забаровой лагуны отличаются от пляжей, образуемых на берегах морей, и седиментологическая, и электрометрическая модели этой фации нуждаются в дальнейшей проверке и уточнении.

К этой группе фаций отнесены также отложения приморских болот (маршей) и приморских лугов (лайд). Лайды занимают значительные участки низменных побережий современных морей [Дзепс-Литовский А. И., 1956 г.; Зенкович В. П., 1950 г.; Леонтьев В. К., Леонтьев О. К., 1956 г.]. Приморские болота возникают в наиболее пониженных участках осушенной поверхности морского дна или на месте обмелевших забаровых лагун, которые

постепенно заносится песчаным и алевритовым материалом, сносимым поверхностными водами и ветрами с прилегающих участков суши. В зависимости от климатических колебаний площади, занимаемые болотами, и количество поступающего в них терригенного материала испытывают постоянные изменения, что приводит к переслаиванию глин, углей, алевролитов и песков. На более высоких осушенных участках морского дна и забаровых лагун развиваются приморские луга. При трансгрессии морского бассейна площади, занимаемые приморскими болотами, расширяются, а затем затапливаются, превращаясь в мелководные морские заливы, на дне которых формируются глинистые отложения, перекрывающие осадки маршей и лайд.

Отложения фаций приморских болот и лугов изучались нами на Мангышлаке в естественных обнажениях уроч. Сары-Мурун. Эти отложения тесно связаны между собой, так как имеют сходные условия образования и поэтому часто не различимы в ископаемом состоянии. В пределах изученного участка они представлены глинами с прослоями алевролитов, песчаников, почв и подпочв. Последние хорошо развиты в оврагах уроч. Сары-Мурун и выделяются нами под названием «черно-белого горизонта» (ЧБГ). Этот горизонт образован темно-серыми, черными, местами углистыми глинами, жирными на ощупь, имеющими комковатую текстуру; мощность их 1,0-2,0 м, наиболее часто - 0,2-0,5 м. Ниже залегают светлые, в выветрелом состоянии почти белые, слабоалевроитовые глины, образующие местами столбчатые отдельности. Глины пронизаны вертикально расположенными следами корней и стеблей растений. Мощность этих глин 0-1,5 м. В большинстве изученных разрезов в подошве горизонта, а иногда и в его средней части встречается очень плотный, крепкий, сцементированный карбонатным цементом крупнозернистый алевролит. Он имеет светло-серый, иногда коричневый цвет и пронизан следами стеблей растений; мощность его 0-0,5 м.

Седиментологическая модель фации приморских болот и лугов отражает специфику среды, в которой шло формирование осадка. Изолированные лагуны, постепенно мелея, зарастали растительностью, превращаясь в приморские болота, в которых вначале накапливались черные глины в условиях очень низких палеогидродинамических режимов (пятый уровень). В засушливые периоды значительная часть болот пересыхала, превращаясь в приморские луга, и заносилась алеврито-песчаным материалом. В более влажные периоды площадь болот расширялась, накапливались тонкогоризонтальнослоистые богатые органическим веществом глины. Чередование этих периодов на фоне общего осушения болот обусловило формирование отложений, представленных тонким переслаиванием глин, алевролитов, песков, почв и подпочв. При этом количество глинистого материала уменьшается вверх по разрезу. Таким образом, Седиментологическая модель этой фации будет отражать возрастание динамической активности среды осадконакопления от

пятого гидродинамического уровня к третьему на завершающих этапах формирования отложений этого генезиса. Поэтому электрометрическая модель будет представлять собой аномалию в форме прямоугольного треугольника, расположенную в зоне положительных отклонений ПС. Кровельная линия аномалии круто наклонена и интенсивно рассечена. Подошвенная линия горизонтальная прямая (рис. 54). Электрометрическая модель этой фации была установлена при изучении электрометрических разрезов прибрежно-морских фаций байосского и батского ярусов в пределах Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака.

Мелководно-морской комплекс фаций. В пределах морского шельфа выделяют глубоководную и мелководную его части. Глубоководная часть шельфа, примыкающая к материковому склону, располагается на глубинах от 100 до 200-300 м. Мелководная часть шельфа, находящаяся на глубинах до 100 м, представляет большой интерес для геологов-нефтяников, поскольку с этой частью шельфа связаны значительные скопления песчаного и алевритового материала. Наиболее крупные скопления песчано-алевроитового материала связаны с различного рода стоковыми течениями, которые часто заполняют крупные прогибы и формируют конусы выноса большой мощности. Так, Бенгальский конус выноса, приуроченный к подводному каньону на дне Бенгальского залива и образованный выносами рек Ганга и Брахмапутры, имеет длину 3000, ширину 1000 и мощность 12 км [Curry I. R., Moore D. G., 1971 г.].

Помимо конусов выноса, связанных с деятельностью крупных рек, в пределах шельфа могут возникнуть различного рода стоковые течения, образующие более мелкие конусы выноса терригенного материала. Кроме того, под воздействием штормовых волн и приливных течений могут формироваться различные аккумулятивные песчаные тела.

В настоящей работе из мелководно-морского комплекса рассмотрена только группа фаций мелководного шельфа.

Группа фаций мелководного шельфа. На шельфе современных морей известны песчаные гребни, приуроченные к зонам действия штормовых волн и приливных течений. Гребни штормовых волн имеют преимущественно субпараллельное, а гребни приливных течений - субперпендикулярное расположение по отношению к береговой линии. Эти песчаные гребни встречаются на глубинах 10—100 м, протягиваясь на десятки километров и достигая в ширину 4 км, а в высоту 10—40 м [24, 34, 41, 58, 79]. Как современные, так и древние отложения этой фации изучены недостаточно. Имеются указания [Potter P. E., 1909 г.], что подобные песчаные образования могли формироваться как в трансгрессивных, так и в регрессивных условиях.

Песчаные тела, сформированные штормовыми волнами, были развиты, по видимому, и на мелководном шельфе юрского моря в районе Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака, Они располагались в зоне между отложениями вдольбереговых баров и гли-

нистыми осадками более отдаленных частей шельфа. Песчаные тела представляют собой вытянутые песчаные гребни, сложенные мелкозернистым песчаным материалом и располагающиеся кулисообразно по отношению друг к другу. В сторону открытого моря размеры песчаных гряд уменьшаются, и они постепенно замещаются глинистыми осадками морского шельфа. В связи с тем что в пределах шельфа, видимо, имели место колебательные движения различного знака, приводившие к кратковременным регрессиям и трансгрессиям на фоне общего медленного опускания всей территории Жетыбай-Узеньской ступени, песчаные гребни штормовых волн могли образовываться в условиях как регрессии, так и трансгрессии.

Электрометрическая модель фации гребней штормовых волн и, видимо, фации приливных течений, формировавшихся в условиях регрессирующего бассейна, согласно изложенным выше представлениям будет образована аномалией в виде узкого прямоугольного треугольника, расположенной в зоне отрицательных отклонений ПС, Кровельная линия горизонтальная; подошвенная наклонная, рассеченная (рис. 54). Подобные аномалии имеют развитие в нижнем и среднем келловее Мангышлака и в елховском горизонте Куйбышевского Поволжья.

В сторону открытого моря песчаные отложения постепенно исчезают, замещаясь глинистыми осадками фации открытого моря или крупных морских заливов. Формирование этих отложений происходило в условиях очень низких палеогидродинамических уровней (пятый) среды седиментации в течение всего периода их накопления. Электрометрическая модель фации открытого моря и крупных морских заливов представляет собой положительную аномалию кривой ПС в виде четырехугольника. Подошвенная и кровельная линии горизонтальные, обычно прямые (рис. 55), боковая линия вертикальная волнистая. При наличии глинистых отложений большой мощности аномалия будет иметь большую ширину, достигающую десятков, а иногда и сотен метров (рис. 55). К отложениям фации открытого моря и крупных морских заливов отнесены оксфордские мергелистые глины Мангышлака, содержащие типичную морскую фауну и достигающие 200 м по мощности, а также глинистые осадки елховского горизонта каменноугольных отложений Куйбышевского Поволжья.

Таким образом, в юрской продуктивной толще Мангышлака были выделены аналоги отложений большинства фаций, залегающих в прибрежной части современных морей. Это оказалось возможным благодаря хорошей обнаженности и большому количеству скважин, вскрывающих морские отложения, что позволило не только детально изучить особенности строения и пространственного размещения песчаных тел различного генезиса, но и установить их электрометрические характеристики. Изучение естественно-обнажения батского яруса в пределах Беке-Башкудукского поднятия дало возможность провести палеогеографическую реконструкцию прибрежного участка юрского моря и восстановить особенности.

формирования и размещения характерных для него песчаных и глинистых образований.

Район современного Беке-Башкудукского поднятия в батское время представлял собой, по-видимому, часть края дельты крупной равнинной реки с многочисленными мелководными морскими заливами и дельтовыми протоками. Выносимый дельтовыми каналами и протоками терригенный материал образовывал аккумулятивные формы морского мелководья: вдольбереговые бары, косы, пересыпи и т. д. Вдольбереговые баровые гряды, образующиеся в пределах мелководных заливов и вдоль низменных берегов, характеризовались относительно небольшими размерами песчаных тел. В батское время участок Беке-Башкудукского вала испытывал медленное опускание (вместе со всей Жетыбай-Узеньской ступенью), на фоне которого имели место небольшие колебательные движения различного знака, приводившие к периодическим перемещениям береговых линий и возникновению относительно кратковременных трансгрессий и регрессий. Такие небольшие трансгрессии и регрессии являются характерным для дельтовых обстановок, ибо даже небольшое опускание, вызванное уплотнением отложений, слагающих дельту, может привести к затоплению значительных участков дельтовой равнины, которые имеют незначительное превышение над уровнем моря. Таким образом, наличие пологого берега, действие волн, вынос значительного количества обломочного материала с суши создали благоприятную обстановку для формирования на данном участке вдольбереговых баровых гряд.

Формирование нижнего бара происходило в условиях кратковременной трансгрессии, охватившей часть дельтовой области, во время которой были отложены серые глины с мергелистыми стяжениями. Отложение песков нижнего бара происходило в заключительную фазу трансгрессии. По мере роста бара вдольбереговая промоина, на дне которой отлагались светло-серые песчаные глины, все более и более отделялась от моря и превращалась в изолированную забаровую лагуну, в центральных частях которой шло накопление черных глин. В связи с начавшейся затем регрессией лагуна постепенно мелела, заносилась обломочным материалом и превращалась в приморское болото - марш, где накапливались песчано-алевритовые осадки, чередующиеся с прослоями черных плов и серых глин. Значительный участок осушенного морского дна и забаровой лагуны превратился в низменную равнину, покрытую приморскими лагунами - лайдами. На месте таких лайд образовывались почвы и подпочвы, включенные нами в черно-белый горизонт. Отступление береговой линии и понижение базиса эрозии обусловило выдвижение в пределы участка дельтового канала, который, видимо, ранее впадал в пределы забаровой лагуны. В связи с ее осушением он проложил русло через ее отложения, прорезал песчаное тело вдольберегового бара и достиг новой береговой линии. Новая трансгрессия быстро затопила низменную часть приморской равнины, отложив сиреневато-серые мергелистые глины

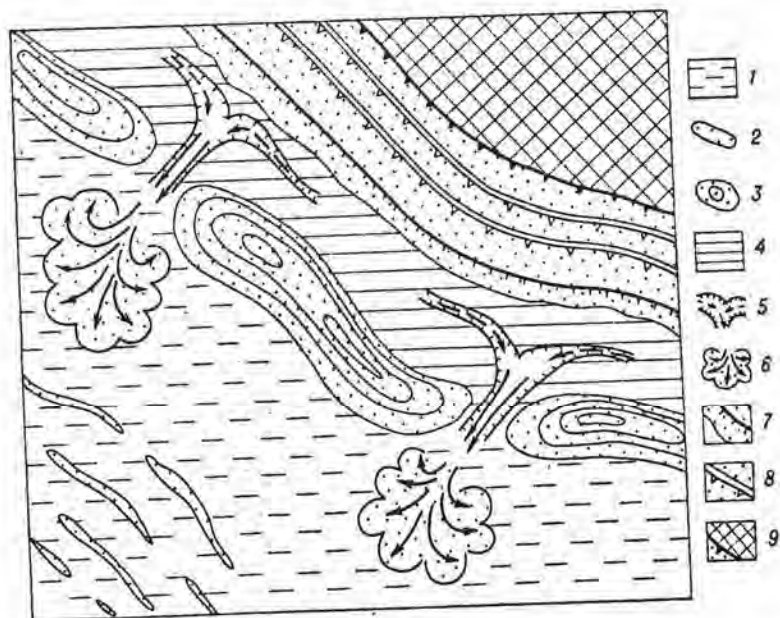


Рис. 60. Схема образования и размещения аккумулятивных песчаных тел в прибрежной части мелководного моря.

По материалам Ф. П. Шенарда и Д. Л. Нимана, В. П. Зенковича, М. В. Кленовой, Д. С. Инглы, Л. Ф. Шадрина и других.
 1 — мелководная часть шельфа; 2 — песчаные гряды; 3 — бары и барьерные острова; 4 — забаровая лагуна; 5 — рывтины, образованные вдольбереговыми и размытыми течениями; 6 — головы различных течений; 7 — фронтальный откос пляжа; 8 — береговые валы; 9 — клиф.

Верхний бар формировался в условиях последовавшей затем регрессии. Он, так же как и нижний, отделил забаровую лагуна, в которой отлагались тонколистоватые глины фиолетового оттенка с прослоями углей и редкой фауной пелеципод. В связи с поступлением в лагуна вод с суши или нагона их ветрами через бар со стороны моря в периоды штормов в ней создавалось избыточное количество воды, которая, устремляясь в сторону моря, промывала на дне лагуны промоины и, прорезая тело верхнего бара, стекла в открытое море, образуя канал разрывного течения. В периоды приливов через образовавшиеся промоины в лагуна, видимо, поступала морская вода, заносившая в ее пределы морскую фауну. Продолжающаяся регрессия привела к частичному осушению отдельных участков вдольберегового верхнего бара, который превратился в цепь небольших барьерных островов, покрытых богатой растительностью. Забаровая лагуна постепенно мелела, заболачивалась, заносилась обломочным материалом с суши и превращалась в торфяник. Об этом свидетельствует появление в верхних частях лагунных отложений линз углей. Очередная трансгрессия перекрыла отложения верхнего бара, отложив светло-серые глины

и превратив рассматриваемый участок в морской мелководный залив. На основании анализа проведенных исследований естественных обнажений и керн скважин, а также в результате обобщения литературных данных удалось создать принципиальную модель размещения основных фаций в прибрежной части батского моря в районе Беке-Башкудукского вала (рис.60).

Дельтовая (переходная) обстановка осадконакопления

Речные артерии, как это было показано выше, являются транспортными системами, переносящими значительные массы обломочного материала от мест его образования (области денудации) к местам его отложения и концентрации (области седиментации), которые чаще всего представляют собой водные бассейны различного типа. Одна часть поступающего в водный бассейн материала (более тонкозернистая) разносится прибрежными и вдольбереговыми течениями и откладывается в открытых частях бассейна, другая же часть, представленная более грубыми частицами, накапливается в районах устьев рек, формируя отложения устьевых баров, дельт, эстуариев и лиманов. Среди устьевых образований наибольший интерес для геологов-нефтяников представляют отложения дельт, поскольку именно с ними связано накопление наиболее мощных, сложно построенных песчано-глинистых отложений, могущих служить резервуарами и покрышками для крупных скоплений углеводородов.

Дельтовые отложения на нашей планете как в прошлом, так и в настоящее время имеют широкое развитие. Достаточно вспомнить о дельтах великих китайских рек Янцзы и Хуанхэ, занимающих общую площадь более 500 тыс. км² (вместе с подводной частью дельт), т. е. охватывающих практически всю северную часть Желтого моря. Современные и древние аллювиальные отложения Сырдарьи и Амударьи составляют 250 тыс. км². Громадные размеры имеют дельты индийских рек (Брахмапутры, Ганга, Маханоуди), американских (Миссисипи, Ориноко), африканских (Нигер, Нил), русских (Лена, Волга) [33, 46, Wright L. D Coleman I. M., 1973 г.].

Происхождение целого ряда крупных песчаных скоплений в Египте, Ливии, Сахаре, Кызылкумах и других связано с низовьями древних речных систем. О скоростях их формирования можно судить по дельтам современных крупных равнинных рек. Так, например, р. Волга сформировала свою дельту в течение 7,5 тыс. лет. До этого времени, как показали исследования В. М. Кленовой [33], на месте волжской дельты существовал морской залив. Возраст дельты р. Миссисипи, состоящей из нескольких разновозрастных дельтовых комплексов, насчитывает, по данным С. Н. Фиска, от 16 до 32 тыс. лет [84]. Эти дельтовые комплексы, причленяясь друг к другу своими боковыми частями,

представляют собой разновозрастные располагающиеся в одной плоскости сооружения, которые образуют сложно построенную дельту р. Миссисипи. О характере строения и морфологии дельтовых отложений палеорек также можно судить по их современным аналогам. Дельтовые отложения в плане характеризуются веерообразными или языкообразными очертаниями, а в продольном сечении представляют собой сильновытянутые, очень полого выклинивающиеся к краям линзообразно-изогнутые образования (углы наклона достигают нескольких минут). При этом чем меньше река, тем более резко выражены дельтовые отложения и тем проще они построены [Wright L. D., Coleman I. M., Dailly G., 1975 г.]. Мощности дельтовых отложений крупных современных рек относительно невелики: у Волги они составляют, по данным М. В. Кленовой, 14-15 м; у Миссисипи (в районе Нового Орлеана), по Г. Н. Фиску, - 9,5-16 м; у Ганга - 18 м; Нила - 10 м. Отношение мощностей дельтовых отложений к занимаемой ими площади чаще всего составляет 1:500, 1:1000 и более.

Дельтовые отложения формируются в различных условиях и сложены разнообразными осадками - от континентальных до морских включительно. Тем не менее они представляют собой единое целое в генетическом отношении. В современных дельтах, а по аналогии с ними и в некоторых хорошо изученных ископаемых дельтах выделяют ряд палеогеографических зон, каждая из которых характеризуется определенными условиями образования осадков. Большинство исследователей [6, 21, 33, 36, 90, 93, 95, 96, 98, Fisk H. N., 1961 г.; Shannon J. P., Dahl A. R., 1971 г.] в пределах речных дельт и прилегающих к ним участков суши и моря выделяют следующие палеогеографические зоны: I - аллювиальная равнина; II - надводная часть дельты, подразделяемая на нижнюю и верхнюю части; III - подводная часть дельты (авандельта), которая подразделяется на подводную дельтовую платформу (подводную часть дельты, субстрат дельты) и подводный склон дельты (внешний край, кайма, фронт дельты); IV - морское мелководье, т. е. мелководная часть шельфа, на котором располагается дельта. Проведенные нами исследования погребенных дельт крупных палеорек в пределах Куйбышевского Поволжья и Мангышлака показали, что они имеют сложное строение и образованы несколькими дельтовыми комплексами или дельтовыми веерами. Формирование каждого дельтового комплекса происходило в различных условиях и при различных режимах седиментации. Так, в надводных частях дельтового комплекса преобладали условия, близкие по своим гидродинамическим особенностям к условиям формирования аллювиальных фаций, в то время как в подводных частях наибольшее влияние имели прибрежно-морские условия осадконакопления. Тем не менее каждая палеогеографическая зона дельтового комплекса (дельтового веера) будет отличаться своими, только ей свойственными сочетаниями фаций, располагающихся в определен-

ной последовательности по разрезу (группы фаций). В связи с тем что отдельные фации и их седиментологические и электрометрические модели были описаны при характеристике континентальных и прибрежно-морских обстановок осадконакопления, они при рассмотрении дельтовых отложений не приводятся. При описании групп фаций, слагающих отложения той или иной палеогеографической зоны дельтового комплекса, указывается лишь перечень входящих в нее фаций и приводится сводная электрометрическая модель для всей группы осадков в целом.

Установление электрометрических моделей групп фаций, характерных той или иной палеогеографической зоне, дает возможность реконструировать основные особенности размещения палеогеографических зон, что имеет большое значение при локальном прогнозировании литологических ловушек нефти и газа. Дельтовые комплексы (дельтовые веера), слагающие дельты крупных рек, представляют собой плоские линзообразные тела. Эти комплексы, смещаясь в пространстве в том или ином направлении, могут последовательно налегать друг на друга или соприкасаться своими краевыми частями. В некоторых случаях смещение может быть настолько значительным, что отдельные дельтовые комплексы оказываются изолированными друг от друга, образуя серию самостоятельных дельт. Смещение дельтовых комплексов (дельтовых вееров) в связи с регрессией или трансгрессией морского бассейна вызывало смещение палеогеографических зон и слагающих их групп фаций. При этом в зависимости от условий (регрессивных или трансгрессивных), в которых происходило формирование дельты, последовательность смены групп фаций в разрезе дельтовых отложений будет различной.

С целью выявления фациального состава пород, слагающих палеогеографические зоны древних дельтовых комплексов, были изучены разрезы скважин и их каротажные характеристики на территории известных дельт каменноугольного времени, выявленных Н. И. Марковским [46] вдоль восточной окраины Русской платформы. В результате этих исследований была определена последовательность смены фаций, образующих палеогеографические зоны дельтовых комплексов в условиях регрессирующего морского бассейна, и установлены их седиментологические и электрометрические модели. С помощью последних было детализировано строение Камско-Кинельской, Рязанско-Саратовской, Тепловско-Кваснпковской дельт и установлена новая дельта - Хвалынско-Марьевская.

Камско-Кинельская дельта, сформированная крупной равнинной рекой, существовавшей в нижнем карбоне (бобриковское время) в районе Куйбышевского Поволжья, представляла собой сложное сооружение, которое состояло из нескольких дельтовых комплексов, прилегающих друг к другу. Эти комплексы образовывались в периоды наиболее длительных стояний береговых линий регрессирующего водного бассейна.



Рис. 61. Палеогеографическая карта бобриковского времени на территории Среднего и Нижнего Поволжья. Составил В. С. Муромцев.

1 — мелководная часть шельфа открытого моря с накоплением карбонатно-глинистых осадков; 2 — прибрежная часть открытого моря с накоплением песчано-глинистых осадков; 3 — аллювиально-дельтовые отложения палеорек; 4 — расположение дельтовых вееров; 5 — основные направления древних водных потоков; 6 — отложения заливов, лагун, озер; 7 — отложения барьерных островов, кос, баров, подводных отмелей; 8 — участки древней суши; 9 — борт Прикаспийской впадины; 10 — нефтяные и газовые месторождения.

дельты рек бобриковского времени (кроме Камско-Кинельской) отличаются небольшими мощностями отложившихся осадков. Особенно это характерно для дельты Рязанско-Саратовской палеореки, которая по площади не уступает Камско-Кинельской дельте. По всей видимости, большая площадь развития дельтовых отложений Рязанско-Саратовской палеореки и их относительно малая мощность объясняются тем, что формирование этой дельты происходило в относительно более стабильных условиях древней платформы, тогда как Камско-Кинельская дельта была связана с тектонически активной системой прогибов.

Расположение и особенности строения крупных дельтовых комплексов, образованных реками каменноугольного периода, и связанные с ними месторождения нефти и газа показаны на прилагаемой палеогеографической карте бобриковского времени, составленной для территории Среднего и Нижнего Поволжья (рис. 61).

Наиболее полно дельтовые отложения были исследованы на территории Мангышлака, где в отложениях юрского возраста нами была установлена дельта крупной равнинной реки меандрирующего типа. Эта дельта в периоды байосского и батского времени располагалась в районе современной Жетыбай-Узеньской тектонической ступени. В отличие от Камско-Кинельской Мангышлакская дельта формировалась в пределах молодой (Скифско-Туранской)

платформы. Исследованные нами ископаемые дельты принадлежали к веерообразным дельтам, имеющим, по-видимому, широкое развитие в пределах как Русской, так и Скифско-Туранской платформ. Отложения Мангышлакской дельты изучались нами на северном борту Южно-Мангышлакского прогиба в пределах хорошо разбуренной Жетыбай-Узеньской тектонической ступени. Здесь в пределах юрской продуктивной толщи были выделены дельтовые комплексы (дельтовые веера), приуроченные к ним палеогеографические зоны и слагающие их группы фаций: верхней надводной равнины, нижней надводной равнины, морского края, подводной равнины и подводного склона.

Пачки ритмов, выделенные в отложениях юрской толщи Мангышлака и послужившие основой для ее детального расчленения, охватывают указанные выше группы фаций и соответствуют установленным в дельтовых комплексах (дельтовых веерах) палеогеографическим зонам. Кроме групп фаций, слагающих собственно дельтовые отложения, выделены и описаны парагенетически связанные с ними группы фаций русловых отмелей равнинной палеореки, образующей дельтовые комплексы, и группа фаций мелководного шельфа, в пределах которого шло формирование дельтовых комплексов.

В условиях устойчивого прерывистого погружения, которое испытывал Южно-Мангышлакский прогиб и окружающие его территории, в нижней части речного русла формировалась толща осадков, образованная наложенными друг на друга отложениями прирусловых отмелей, составляющих нижние (песчаные) части аллювиальных стадий. Верхние части этих стадий, сложенные глинистыми осадками пойм, были частично или полностью уничтожены в периоды формирования нижних (базальных) частей последующих стадий. Вследствие этого отложения нижних песчаных частей стадий оказались наложенными одна на другую. Эта однообразно построенная толща песчаных осадков, формирующаяся при высокой и очень высокой динамической активности водной среды (первый-второй гидродинамические уровни) и достигающая иногда значительной мощности, является характерной особенностью нижних участков реки, формирующей дельту. В связи с этим седиментологическая модель этой группы фаций будет отражать многократное повторение в разрезе модели фации прирусловой отмели реки меандрирующего типа. Отсюда электрометрическая модель группы фаций главного русла реки, образовавшей дельтовый комплекс, будет представлена несколькими электрометрическими моделями русловых отмелей. В ряде случаев, когда сохраняются от размыва отложения пойм, эти модели будут разделены положительными аномалиями различной амплитуды и ширины соответствующими глинистым осадкам. Поскольку модели фаций прирусловых отмелей были описаны при рассмотрении аллювиальных осадков, они здесь не приводятся.

Особенности строения дельтовых комплексов в значительной мере зависят от геологического строения прилегающей к суше части шельфа, глубин морского дна, характера его рельефа. Изученная нами на Мангышлаке дельта равнинной палеореки была сформирована в пределах шельфа юрского моря (байосский век)¹, располагавшегося на территории современной Жетыбай-Узеньской тектонической ступени. Его поверхность представляла собой, по-видимому, пологую слабонаклоненную к югу равнину. Покрывающие эту подводную равнину отложения представлены чередованием песчаных и глинистых осадков, которые по мере удаления от берега и увеличения глубины бассейна постепенно замещались глинистыми образованиями. Однако эта общая закономерность нарушалась в зависимости от конкретных условий, существовавших в прилегающей к дельте части морской акватории: изменения количества поступающего осадка, скоростей речного потока, массы выносимой с суши воды, направления ветров, интенсивности волнения, наличия различных видов течения и многих других факторов [Кленова М. В., 1957 г., 1963 г.; Самойлов Н. В., 1952 г.]. Песчаные осадки под действием штормовых волн и морских течений формировали на дне песчаные гряды, вытянутые в том или ином направлении [Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р., 1976 г.]. В более мористой части шельфа, где преобладали низкие гидродинамические уровни, накапливались только глинистые отложения, достигающие местами значительной мощности. Глины хорошо отмученные, с примесью карбонатного материала. К ним приурочены остатки типично морских или солоноватоводных животных. Таким образом, в пределах морского шельфа могут быть выделены области развития песчано-глинистых осадков и накопления чистых глин. Для первой из них характерно чередование отложений фаций гребней штормовых волн и приливных течений, образующихся в условиях относительно высокой палеогидродинамической активности (второй-третий уровни) и осадков фаций открытого моря и крупных морских заливов, отлагающихся при низкой и очень низкой динамике водной среды. Электрометрическая модель отложений этой области шельфа будет представлена чередованием электрометрических моделей этих двух фации. Отложения второй области, располагавшейся мористее, представлены глинами, формирующимися в очень низких палеогидродинамических условиях, сходных с условиями накопления осадков фации открытого моря и крупных морских заливов. Электрометрическая модель осадков, развитых в этой области шельфа, будет соответствовать модели указанной выше фации (рис. 62).

Среди юрской продуктивной толщи Мангышлака к отложениям, соответствующим первой из перечисленных выше областей, принадлежат осадки келловейского яруса (I-III пачки-ритмы), образованные чередованием светло-серых мелкозернистых косослоистых песков и серых, синевато-серых глин, содержащих мостами прослои, переполненные фауной брахиопод. Для отложений, накапливаю-

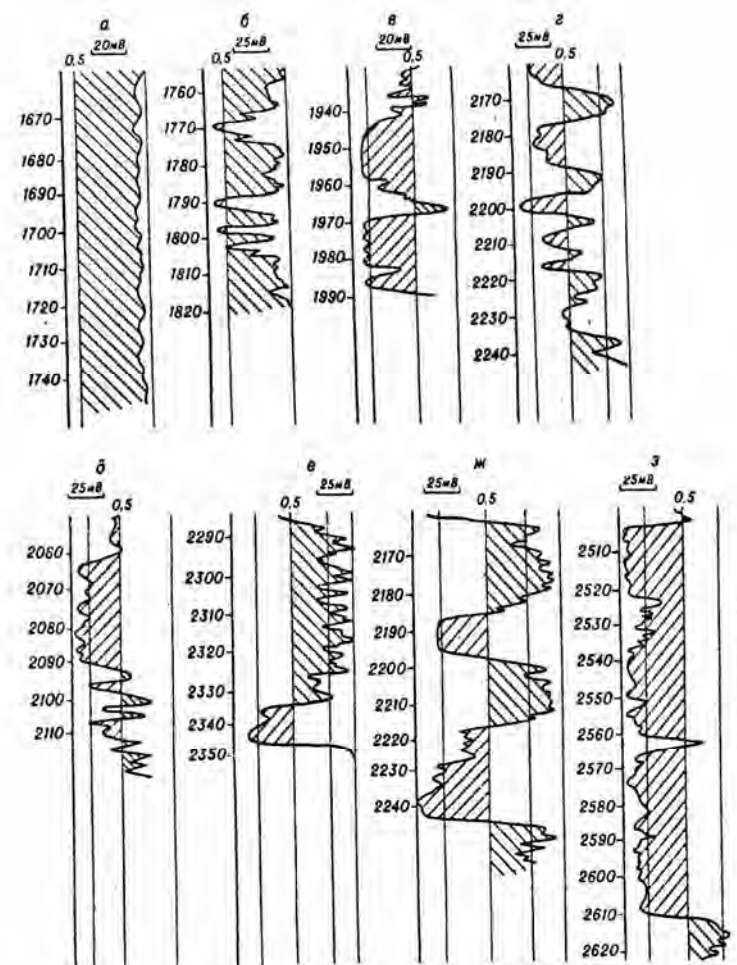


Рис. 62. Типовые электрометрические модели групп фаций, слагающих географические зоны дельтового комплекса (дельтового веера). Составил В. С. Муромцев.

Электрометрические модели групп фаций: а — глинистые отложения мелководной части морского шельфа; б — песчаные и глинистые отложения мелководной части морского шельфа; в — подводный склон; г — подводная равнина; д — морской край; е — нижняя надводная равнина; ж — верхняя надводная равнина; з — русловые отмели реки, формирующей дельту

щихся в более мористой части шельфа характерны зеленовато-серые, однородные, мергелистые глины келловейского и оксфордского ярусов, имеющих широкое развитие в пределах Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака.

Дельтовый комплекс фаций. Группа фаций верхней надводной равнины дельтового комплекса. Отложения, этой группы фаций формируются на участке, где

происходит расщепление главного русла реки на несколько более мелких дельтовых каналов. Значительное место на площади и в разрезе занимают пойменные отложения (межканальные пески и пойменные глины, погребенные почвы, отложения озер и болот). Песчаные тела, образующиеся в дельтовых каналах, имеют форму пологих врезов, вытянутых по простиранию в виде сплошных, сходящихся и расходящихся полос и овалов, расположенных субпараллельно главному руслу реки и под углом к береговой линии. В отличие от русловых отложения дельтовых каналов характеризуются меньшей мощностью и более тонкозернистым составом осадков (мелкозернистые пески, алевролиты), что обусловлено снижением динамической активности водных потоков, в связи с расщеплением главного русла реки и образованием многочисленных дельтовых каналов и проток.

Отложения дельтовых каналов были выявлены и изучены нами в ряде обнажений батского яруса в уроч. Сары-Мурун на Мангышлаке. Один из таких каналов удалось проследить более чем на 6 км в оврагах Лагерный, Кривой, Трех Филинов, Черепашин и др. (рис. 63). Дельтовый канал представляет собой сравнительно пологий желоб шириной 150 м, выполненный мелкозернистыми песками, алевролитами и глинами. Мощность заполняющих его отложений, сохранившихся от размыва, составляет 6—10 м. Дельтовый канал, следуя за регрессирующими водами моря, проложил свое русло в осушенных отложениях забаровой лагуны и нижнего бара. Существовал этот дельтовый канал, по-видимому, относительно непродолжительное время и в период последующей трансгрессии был заполнен осадками и перекрыт, а затем затоплен водами наступающего мелководного моря. Его существование представляло собой лишь кратковременный эпизод в истории геологического развития рассматриваемого района. По-видимому, такие явления происходили здесь неоднократно в период формирования осадков батского яруса.

Среди описанных нами поперечных сечений канала наиболее полный разрез отмечается в овраге Трех Филинов. Здесь можно видеть, что песчаное тело, выполняющее врез дельтового канала, образовано в пять стадий. Причем наиболее полными и хорошо сохранившимися являются осадки последней (пятой) стадии.

Отложения первой наиболее древней стадии, представленные темно-серыми алевролитами и глинами, сохранились лишь в боковой части вреза, где они имеют мощность 0,7 м.

Отложения второй стадии также сохранились в основном в краевых частях вреза. Они представлены переслаиванием песчаников и глин. Песчаники белые, светло-серые, тонкозернистые, хорошо отсортированные, с косо-волнистой слоистостью, подчеркнутую ожелезнением и ярозитацией. Мощность косослоистых серий в нижней части этой стадии составляет 0,05—0,07 м, а в верхней сокращается до 0,01—0,02 м. Глины светло-сиреневато-серые, слабокарбонатные, волнисто- и горизонтально-слоистые, слоистость

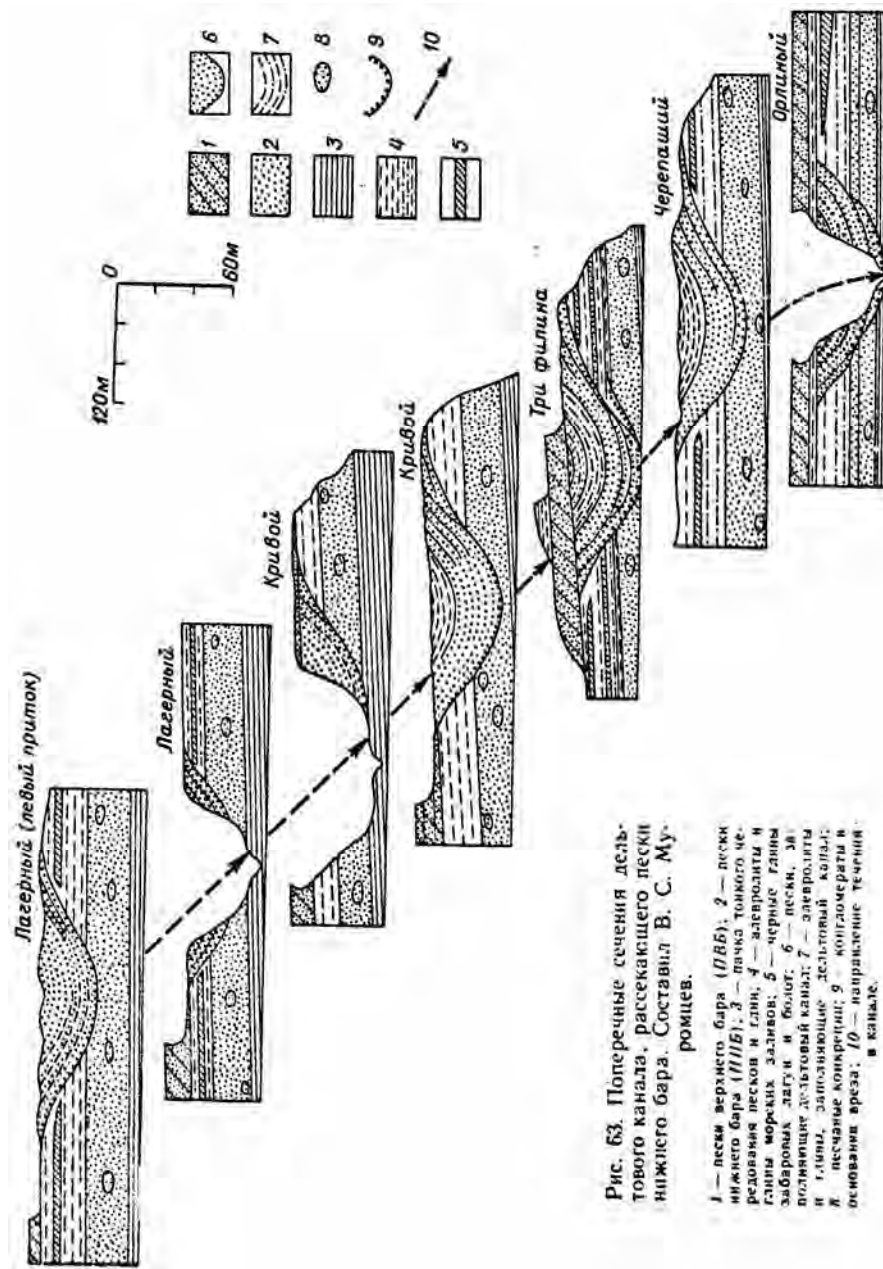


Рис. 63. Поперечные сечения дельтового канала, рассекающего пески нижнего бара. Составил В. С. Муromцев.

1 — пески верхнего бара (ДББ); 2 — пески нижнего бара (П/ПБ); 3 — пачка тонкого чередования песков и глин; 4 — алевролиты и глины морских заливов; 5 — черные глины забарной лагуны и болот; 6 — песок, заполняющий дельтовый канал; 7 — алевролиты и глины, заполняющие дельтовый канал; 8 — песчаные конcretion; 9 — конгломераты в основании вреза; 10 — направление течения в канале.

подчеркнута алевритовым материалом и мелким обугленным растительным детритом К кровле стадии приурочен прослой (0,15 м) темно-бурого сильноожеженного алеврита. Общая мощность отложений второй стадии 2,5—3,0 м. По всей видимости, осадки этой стадии заполняли русло дельтового канала, а в периоды выноса большого количества терригенного материала формировали за пределами русла береговые валы В дальнейшем отложения этой стадии в дельтовом канале были размыты и сохранились лишь в его краевых частях

Отложения третьей стадии приурочены к осевой части дельтовой канала Они представлены в нижней части мелкозернистыми светло-серыми косо-слоистыми песками. Слоистость мульдобразная, полная Подошва песков неровная, со следами размыва и галькой белых мергелей и глин. В песках встречаются растительные остатки, обломки стволов, отпечатки коры деревьев Ориентировка растительных остатков, слоистости, знаков ряби показывает север-северо-западное направление течения водного потока Вверх по разрезу наблюдается чередование песчаных алевритовых прослоев. Мощность песчаных прослоев 0,3—0,4 м, алевритовых — 0,5—0,7 м. Общая мощность осадков третьей стадии достигает 1,5 м

К основанию четвертой стадии приурочены светло-желтые, средне- и мелкозернистые уплотненные пески (0,5 м), переходящие вверх по разрезу в пачку переслаивания аналогичных песков (0,05 м) и сиреневато-серых, тонкогоризонтальнослоистых алевритов (0,2 м). Верхние границы песчаных прослоев волнистые. Верхнюю часть четвертой стадии слагают светло-коричневые алевриты с мелкой косо- и волнистой слоистостью, содержащие крупные песчаные конкреции неправильной формы Мощность осадков этой станин достигает 3,5 м.

Отложения последней (пятой) стадии слагают верхнюю часть вреза. В нижней части стадии они представлены серыми средне- и мелкозернистыми песчаниками с волнистой и косо-волнистой слоистостью К подошве приурочено интенсивное ожелезнение. Выше пески переходят в серовато-белые глинистые алевриты с плохо различимой горизонтально-волнистой слоистостью Разрез заканчивается светло-серой с сиреневатым оттенком мергелистой глиной. В кровле прослой гипса, ожелезнение, трещины усыхания. Мощность этой стадии до 3,8 м.

Описанный дельтовый канал не единственный на изученном участке. Отложения дельтовых каналов были встречены нами также в оврагах Пологий, Верблюжий и др. Это указывает на то, что в батское время отложения дельтовых каналов были широко развиты на территории современного вала (рис. 64, 65, 66)

В пределах Жетыбай-Узепьской тектонической ступени отложения этой группы фаций приурочены к нижней части байосского яруса и слагают ритмы двух типов. К первому типу принадлежат ритмы, содержащие в основании отложения дельтовых копалов и представленные (снизу вверх) среднезернистыми песчаниками

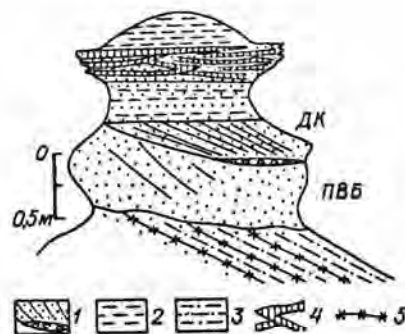


Рис. 64. Поперечное сечение дельтового канала (DK) в песках верхнего бара (PVB).

IV ритм, бат. овраг Пологий, уроч. Сары-Мурун, Мангышлак. 1 — пески мелкозернистые с галькой и основани; 2 — глины; 3 — алевриты; 4 — прослой гипса; 5 — корочки ожелезнения

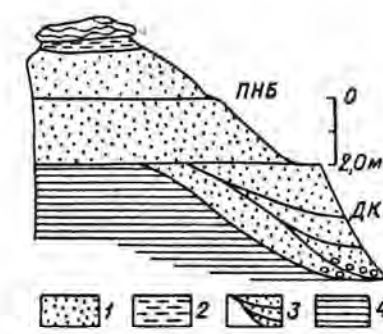


Рис. 65. Поперечное сечение дельтового канала, перекрытого песками нижнего бара.

IV ритм, бат. овраг Пологий, уроч. Сары-Мурун, Мангышлак. 1 — пески, выполняющие дельтовый канал (DK), 4 — отложения, подстилающие пески нижнего бара (PNB).

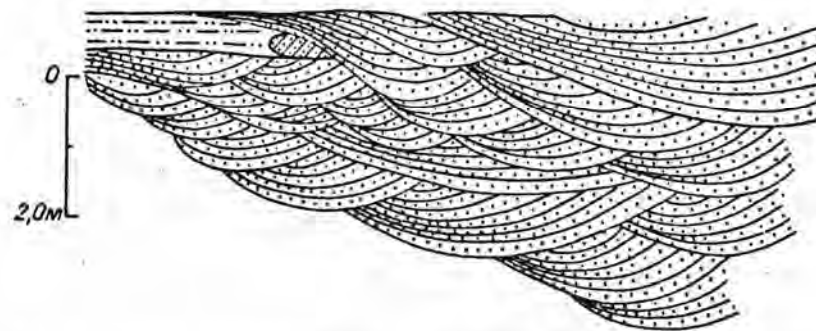


Рис. 66. Сечение дельтовой протоки в отложениях, подстилающих пески нижнего бара.

IV ритм, бат. овраг Пологий, уроч. Сары-Мурун, Мангышлак.

(редко крупнозернистыми), светло-серыми до сиреневато-коричневыми, слабоцементированными, местами плотными В подошве в большинстве разрезов плоская галька (0,5—1,0 см) темно-серых аргиллитов. Вверх по разрезу песчаники постепенно переходят в средне-мелкозернистые, чаще всего косо-слоистые с крошкой и тонкими линзочками углистого вещества Эта пачка, достигающая 40,0 м по мощности, сменяется 10-метровой пачкой чередования светло-серых косо-слоистых песчаников и темно-серых глин. Мощность отдельных прослоев достигает 0,10—0,30 м. К кровле ритма приурочены темные, почти черные, тонко-слоистые глины с вертикально стоящими обугленными корневищами наземных растений, чередующимися с очень тонкими прослоями мелкозернистых песков

или алевролитов, содержащих углистый детрит. Общая мощность ритма до 50—60 м.

Ритмы второго типа, сформированные за пределами дельтовых каналов, имеют несколько иной характер. Их базальная часть, сложенная осадками береговых валов, песков разливов, резко сокращена и представлена чередованием тонких песчаных и глинистых прослоев, в то время как верхняя, глинистая, сложенная осадками озер, болот, почв и подпочв имеет большую мощность. Седиментологическая модель этой группы фаций представляет собой чередование фаций прирусловых отмелей дельтовых каналов, образванных в условиях высокой динамики водных потоков, и фаций внешних и внутренних частей пойм, формирующихся в более спокойной гидродинамической обстановке осадконакопления в условиях затопляемых в периоды паводков участков дельты, где имели место низкая и очень низкая активность среды седиментации. Такое чередование фаций является отличительной особенностью отложений верхней части надводной равнины дельтового комплекса. Электрометрическая модель группы фаций верхней надводной равнины дельтового комплекса представлена чередованием двух типов аномалий кривой ПС. Один из них, связанный с отложениями дельтовых каналов, сходен с аномалией, характерной для русловых отмелей рек, второй, связанный с отложениями межканальных участков дельты, — с аномалией, характерной для осадков речных пойм. Оба типа аномалий имеют примерно одинаковую ширину и располагаются в зонах отрицательных и положительных отклонений кривых ПС (рис. 62). Они были подробно описаны в главе, посвященной отложениям аллювиального генезиса.

Группа фаций нижней надводной равнины дельтового комплекса.

Отложения этой группы фаций в основной своей массе представлены осадками култуков и ильменей. Подчиненное значение имеют песчаные отложения дельтовых протоков, более редко встречаются осадки дельтовых каналов. В волжской дельте култуками называют открытые в сторону моря мелководные заливы глубиной 0,5—1,5 м, заключенные между неравномерно растущими вдоль дельтовых протоков береговыми валами. Култуки представляют собой типично дельтовые пресноводные водоемы, в которые морская вода попадает периодически во время ветровых нагонов. Воды дельтовых протоков, впадая в култук, теряют скорость и отлагают влекомые ими терригенные осадки, что вызывает обмеление култука и разделение его на ряд замкнутых водоемов. Если же протока или дельтовый канал впадает в култук недалеко от моря, то образующаяся из приносимого им терригенного материала коса, разрастаясь, может образовать пересыпь и отделить култук от моря, превратив его в дельтовое озеро — ильмень [33]. Постепенно озеро будет заполняться наносами, мелеть, зарастать растительностью и через некоторое время превратится в болото. Отложения култуков представлены чередованием темно-серых алевролитов и глин. Темный цвет обусловлен обилием органики.

Иногда встречаются прослои сульфатов и различного типа карбонатные конкреции. В ильменах накапливаются черные или темно-коричневые глины, торфяники, часто встречаются следы вертикально стоящих растений. Отложения култуков и ильменей, обладающие хорошими экранирующими свойствами, обычно имеют мощность от 0,5 до 1,0—2,0 м.

Песчаные тела, изученные в скважинах в отложениях этой зоны, связаны с осадками дельтовых протоков, береговых валов, песков разливов. Они характеризуются небольшой мощностью, тонкозернистым составом и непостоянством положения в разрезе. Песчаные тела имеют вид пологих врезов и образуют в плане ветвящуюся и расходящуюся сеть полос и пятен различной ширины. Зоны развития этих отложений протягиваются на большие расстояния, располагаясь субперпендикулярно к простиранию береговой линии. В пределах Жетыбай-Узеньской ступени отложениями этой части дельтового комплекса являются осадки выделенного нами девятого ритма, слагающего нижнюю часть байосского яруса. Судя по керновому материалу, они представлены преимущественно глинистыми разностями, чередующимися с прослоями алевролитов. Песчаные породы занимают строго подчиненное значение. Основная часть ритма образована черными и темно-серыми, массивными и тонкослоистыми, местами горизонтальнослоистыми глинами с отпечатками растений. Эти глины чередуются с пачками очень тонкого переслаивания темно-серых и черных горизонтальнослоистых глин и светло-серых до буровато-серых мелкозернистых слабосцементированных песчаников или глинистых алевролитов. К плоскостям напластования приурочен обильный детрит. Местами наблюдаются трещины усыхания, вертикально стоящие стебли растений, погребенные почвы. В этой толще на разных уровнях встречаются пачки песчаников светло-серых, мелкозернистых, косослоистых, слабосцементированных, являющихся отложениями дельтовых протоков. Базальная часть ритма часто образована аналогичными песками, мощность которых обычно не превышает 5—15 м. Общая мощность отложений, слагающих эту палеогеографическую зону дельтового комплекса, достигает 85—150 м.

Отличительной особенностью нижней надводной равнины дельтового комплекса является широкое развитие осадков фаций пойменных озер и болот, береговых валов и песков разливов. Отложения протоков имеют строго подчиненное значение. Они представлены мелкозернистыми песками и алевролитами и залегают на разных стратиграфических уровнях. Это объясняется тем, что дельтовые протоки, блуждая по дельтовой равнине, меняют свое стратиграфическое положение во времени. Как можно видеть, осадочные образования этой группы фаций по своему литологическому составу и гидродинамическим условиям формирования близки к отложениям аллювиальных фаций. В связи с этим седиментологическая и электрометрическая модели группы фаций надводной равнины дельтового комплекса будут представлять сложные

сочетания соответствующих моделей фаций речных пойм, накопление осадков которых происходило при очень низких и средних палеогидродинамических режимах (третий — пятый уровни), и моделей фаций стариц и боковых протоков, отложения которых формировались при более высокой динамике (второй-третий уровни) водной среды.

Группа фаций морского края дельтового комплекса. Отложения этой группы фаций формируются на стыке надводной и подводной частей дельтового комплекса. Здесь происходит рост его надводной части за счет осадков, выносимых речными водами с суши, особенно в период половодья. У выхода устьев дельтовых каналов и проток в море образуются косы, устьевые бары, острова-осередыши. В результате неравномерного роста этих аккумулятивных форм морской край дельтового комплекса оказывается интенсивно расчленен, осложнен островами и мелями [33, 35, 61]. Кроме воздействия речных вод морской край дельтового комплекса испытывает влияние морской среды.

В периоды интенсивного речного стока (паводка), когда увеличивается привнос обломочного материала с суши, на морском крае дельтового комплекса, вдоль дельтовых каналов образуются береговые валы, песчаные косы, острова-осередыши, располагающиеся перпендикулярно к береговой линии. Формирование перечисленных песчаных тел происходило в гидродинамических условиях, близких к условиям накопления аллювиальных осадков. Песчаные тела такого типа были установлены нами в ряде скважин Жетыбайского и Узеньского месторождений в осадках VI ритма байосского яруса. Они сложены светло-серыми, мелко- и среднезернистыми, слабосцементированными, косо- и волнисто-слоистыми песчаниками. К границам косых слоев приурочено обилие обугленного растительного детрита. В основании косослоистых серий наблюдаются окатанные или угловатые обломки черных глин и алевролитов. Размеры обломочных частиц уменьшаются вверх по разрезу песчаных тел.

При ослаблении стока пресных вод с суши на морской край дельты усиливается воздействие морской среды. В меженные периоды и особенно в периоды осенних и зимних штормов морской край Дельтового комплекса подвергается частичному размыву и выравниванию. Из переотложенного материала образуются новые аккумулятивные песчаные тела, располагающиеся вдоль береговой линии (пересыпи, косы, вдольбереговые бары, подводные палы). Сформированные в этих условиях песчаные тела будут иметь строение, характерное для аккумулятивных форм морского мелководья.

Таким образом, характерной особенностью отложений этой группы фаций является наличие элементов, типичных как для речных, так и для прибрежно-морских условий осадконакопления, или преобладание одного из них. Отложения группы фаций морского края дельтового комплекса широко развиты в пределах Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака (Южно-Жетыбайская, Тасбулат-

ская, Тенгинская площади) и достигают мощности 70—115 м.

Седиментологическая модель группы фаций морского края дельтового комплекса характеризуется значительной изменчивостью и связана с конкретными палеогидродинамическими обстановками, существовавшими в районе палеодельты.

В связи со сказанным и электрометрическая модель этой группы фаций может быть выражена по-разному в зависимости от преобладания тех или иных условий осадконакопления. Если преобладали морские условия, то электрометрическая модель будет приближаться к модели вдольберегового бара. Если имел место интенсивный сток пресных вод, то и электрометрическая модель будет отражать основные черты русловых отелей рек или устьевых баров. Меняющийся характер электрометрической модели группы фаций морского края дельты — отражение меняющейся обстановки седиментации в этой части дельтового комплекса (рис. 62).

Подводная дельтовая равнина (авандельта) может быть подразделена на две неодинаковые по площади зоны. Первая, наиболее крупная из них, примыкающая к морскому краю дельтового комплекса, выделена под названием подводной равнины дельтового комплекса. Вторая, расположенная на внешнем крае дельты, в соответствии с существующей классификацией современных дельт названа подводным склоном дельтового комплекса. Отложения этих зон, представленные чередованием песчаных и глинистых осадков, формировались в условиях постепенно усиливающегося влияния морской среды. В связи с этим группы фаций, слагающие эти зоны, бывают трудно различимы.

Группа фаций подводной равнины дельтового комплекса. Накопление осадков в этой части дельтового комплекса имеет свои особенности, что, естественно, находит отражение в фациальном составе пород и последовательности их залегания. Подводная равнина дельтового комплекса представляет собой плоскую, очень слабо наклоненную в сторону водоема поверхность. На этой поверхности располагаются пологие желобобразные понижения, известные под названием бороздин [33, 35, 61]. Эти бороздины являются продолжением наиболее крупных дельтовых каналов, которые образуются за счет размыва поверхности подводной равнины дельтового комплекса речными водами. На участке, прилегающем к морскому краю дельты, бороздины выражены достаточно резко. По мере приближения к подводному склону дельтового комплекса они постепенно выглаживаются, расширяются и делаются слабовыраженными. В периоды паводков по бороздинам в море выносятся терригенный материал, который после ослабления деятельности речного потока (в меженный период) может заполнять их. На участках, расположенных между бороздинами и характеризующихся более низкой палеогидродинамической активностью, накапливались тонкозернистые алевроито-глинистые осадки. В результате деятельности морских волн образовавшиеся осадки подвергались частичному размыву и переотло-

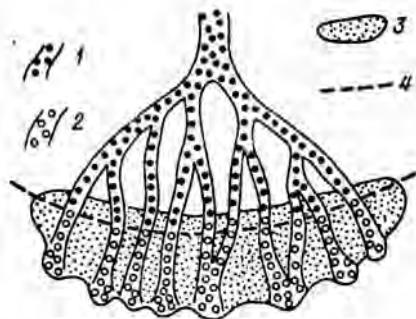


Рис. 67. Схема расположения песчаных тел в пределах дельтового комплекса (дельтового всера) реки равнинного типа.

1 — главные и боковые русла, дельтовые каналы и протоки; 2 — подводные бороздины; 3 — вывидельта; 4 — морской край дельты.

жению. Они скапливались вдоль внешнего края подводной равнины, образуя ее гребень.

Таким образом, в пределах этой части дельтового комплекса может быть выделено два типа взаимопересекающихся песчаных тел. Песчаное тело, располагающееся вдоль гребня внешнего края подводной равнины, сложено мелкозернистыми косослоистыми хорошо отсортированными песками. Оно имеет линзообразно-выпуклое поперечное сечение и характеризуется увеличением гидродинамических уровней вверх по разрезу. В плане это песчаное тело образует полосу, вытянутую субпараллельно морскому краю дельты (рис. 67).

Песчаные образования, выполняющие бороздины, которые пересекают рассмотренное выше песчаное тело, представлены мелкозернистыми, хорошо отсортированными, косослоистыми разностями (рис. 67) и располагаются перпендикулярно к береговой линии. Условия их формирования характеризуются снижением гидродинамических уровней среды осадконакопления вверх по разрезу (от очень высокого и высокого к среднему). Нижняя граница песчаных образований резкая, иногда несет слабовыраженные следы размыва. Поперечное сечение этих тел линзообразно-вогнутое. В плане они образуют вытянутые линейные полосы, располагающиеся перпендикулярно к береговой линии.

Глинистые отложения в пределах рассматриваемой палеогеографической зоны имеют подчиненное развитие и приурочены к участкам, располагающимся между бороздинами. Формирование их, особенно в меженные периоды, происходило в условиях низких палеогидродинамических режимов среды седиментации. Формирование песчаного тела, располагавшегося вдоль гребня внешнего края подводной равнины, происходило в условиях, сходных с гидродинамическими условиями образования регрессивного бара, а песчаных тел, выполняющих бороздины, — с динамическими условиями осадконакопления в каналах разрывных течений.

В связи с тем что отложения этой группы фаций представлены преимущественно песчаными образованиями, их седиментологическая модель будет представлена чередованием двух седиментологических моделей, приближающихся по своим динамическим

особенностям осадконакопления к модели вдольберегового регрессивного бара и модели промоины разрывного течения.

Электрометрические модели этой группы фаций дельтового комплекса состоят из чередования моделей, близких к вдольбереговым регрессивным барам, и промоин разрывных течений.

Группа фаций подводного склона дельтового комплекса. Отложения этой группы фаций формируют крутонаклоненный и постепенно перемещающийся в сторону моря подводный склон дельтового комплекса. Его граница с подводной равниной проводится по ее наиболее приподнятой части — гребню. Наравнение склона происходит в основном за счет терригенного материала, выносимого бороздами в периоды паводков и образующего округлые направленные в сторону моря выступы — пальцевые бары*. Эти образования сложены мелкозернистыми, хорошо отсортированными, косослоистыми песчаниками. Склон дельтового комплекса подвергается воздействию волн, приливных и вдольбереговых течений, производящих частичный размыв и разнос терригенного материала вдоль склона, его выравнивание и образование различных аккумулятивных форм. Наибольшее значение в разносе терригенного материала имеют вдольбереговые течения. На прилагаемой типовой схеме строения дельтового комплекса (рис. 68) показано расположение склона и направление наиболее часто возникающих вдольбереговых течений.

В разрезе юрских отложений Жетыбай-Узеньской ступени к этой зоне нами отнесена литологическая пачка — IV ритм. Осадки, слагающие эту пачку, судя по изученным разрезам скважин (Жетыбайского, Южно-Жетыбайского, Восточно-Жетыбайского, Тасбулатского, Тенгинского и других месторождений) представлены серыми мелкозернистыми, иногда глинистыми песчаниками, в которых встречается мелкий растительный детрит, располагающийся по плоскостям напластования. Слоистость косая, линзовидная. Залегающие в основании пачки массивные песчаники на отдельных участках достигают мощности 40 м и более (Восточный Жетыбай, скв. 1).

По палеогидродинамическим условиям накопления песчаные отложения сходны с осадками устьевых баров или головных частей разрывных течений и осадками промоин разрывных течений. В меженные периоды при низких и очень низких палеогидродинамических уровнях шло накопление глинистых осадков, имеющих в отложениях этой группы фаций небольшое развитие. Глины обычно темно-серые, иногда зеленовато-серые, как правило, алевроитовые, переходящие в алевролиты. Местами глины известковистые, содержат раковины пелеципод плохой сохранности и их ядра. Общая мощность отложений, слагающих эту группу фаций в пределах Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака, составляет 40—70 м.

* Термин «пальцевые бары» был применен Г. Н. Фиском [Pisk H. N., 1961 г.] при изучении дельты Миссисипи.

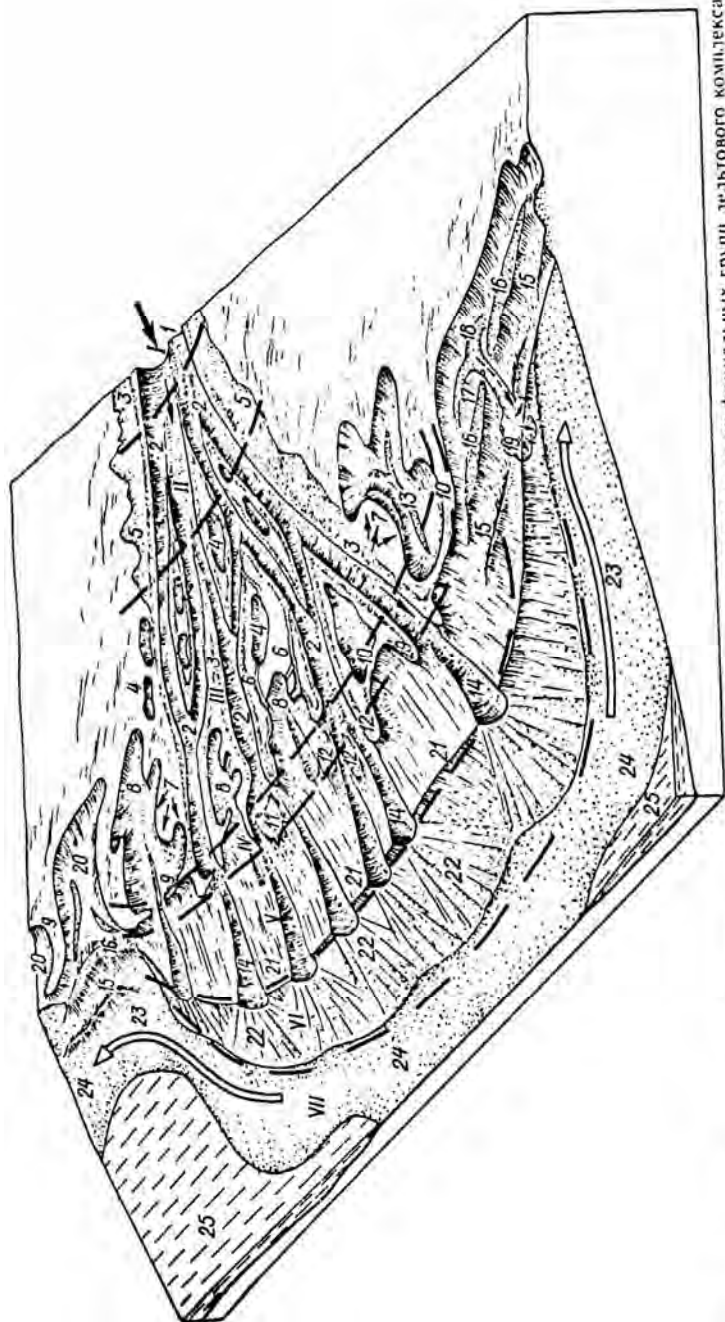


Рис. 68. Схема образования и размещения основных географических зон и стелющихся их фациальных групп дельтового комплекса (дельтового востра) реки равнинного типа.

Географические зоны (показаны жирной штриховкой): I — дельта, II — верхняя часть дельты, III — нижняя часть дельты, IV — морской край, V — ледяная равнина, VI — равнинная часть морского шельфа, VII — равнина, VIII — морская равнина, IX — морская равнина, X — морская равнина, XI — морская равнина, XII — морская равнина, XIII — морская равнина, XIV — морская равнина, XV — морская равнина, XVI — морская равнина, XVII — морская равнина, XVIII — морская равнина, XIX — морская равнина, XX — морская равнина, XXI — морская равнина, XXII — морская равнина, XXIII — морская равнина, XXIV — морская равнина, XXV — морская равнина.

Таким образом, седиментологическая модель этой группы фаций по палеогидродинамическим особенностям осадконакопления приближается к моделям фаций устьевых баров, промоин и головных частей разрывных течений. Отложения этих фаций формировались в условиях высокой и очень высокой динамики среды седиментации (первый-второй уровни). Периоды ослабления динамической активности водной среды (до пятого-четвертого уровня), когда происходило накопление глинистых осадков, были, по-видимому, сравнительно кратковременными.

Электрометрическая модель группы фаций склона дельтового комплекса образована несколькими простыми электрометрическими моделями, которые находятся в определенном сочетании между собой. По форме кривых ПС эти модели приближаются к электрометрическим моделям устьевых баров, промоин разрывных течений и их головных частей.

Аномалии, располагающиеся в зонах отрицательных отклонений ПС (рис. 62), достигают значительной ширины. Положительные аномалии развиты слабее.

Группа фаций склона дельтового комплекса является завершающей среди собственно дельтовых отложений.

Формирование дельтового комплекса. Исследования [4, 5, 6, 33, 35, 49, 50, 58, 61, 69] показали, что струя, пресной воды, выносимой рекой в бассейн с неподвижной соленой водой, из-за сообщаемой ей инерции некоторое время продолжает перемещаться в том же направлении, постепенно растекаясь по поверхности морской воды и не смешиваясь с ней, поскольку последняя имеет большую плотность. Постепенно теряя скорость, струя пресной воды оказывается не в состоянии переносить влекомый ею терригенный материал, который, осаждаясь, формирует устьевой бар, который может служить зачатком будущей дельты. Схема формирования устьевого бара была разработана С. С. Байдиным [1971 г.], О. К. Леонтьевым [1963], В. Н. Михайловым, М. М. Роговым, Г. Н. Ганом [1971], В. В. Ромашиним [1962].

Согласно этой схеме образование бара происходит в несколько стадий. Вначале по периферии водной струи формируются две параллельные друг другу косы, направленные от берега, которые, выходя на поверхность, образуют приустьевые валы (рис. 69). В зоне веерообразного растекания речных вод из выносимых осадков и частиц размываемого дна начинает образовываться отмель, которая, разрастаясь, достигает поверхности воды и превращается в приустьевый бар. Бар может быть больших размеров и в зависимости от гидродинамических условий иметь округлые, серповидные или неправильные очертания (рис. 69). При выходе на дневную поверхность он превращается в остров-осередыш, который разделяет речной поток на две части. В периоды интенсивного действия морских волн остров частично или полностью размывается, а затем создается вновь. Постепенно он увеличивается в размерах, покрывается растительностью. В периоды паводков струи воды, проходящие через него с большой скоростью, прорезают в его теле

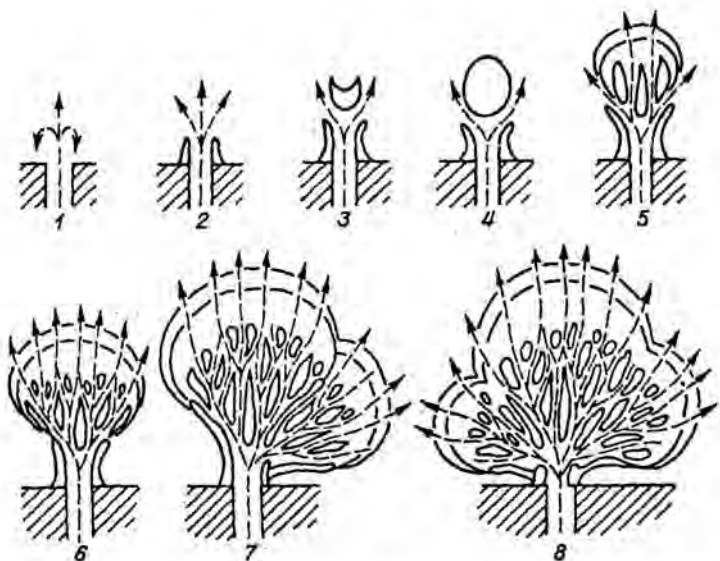


Рис. 69. Схема формирования дельтового комплекса (дельтового веера) реки равнинного типа. По С. С. Байдину, Г. Н. Ган, О. К. Леонтьеву, В. Н. Михайлову, М. М. Рогову, В. В. Ромашину (с добавлениями).

1 — устье реки, впадающей в морской бассейн; 2 — образование направляющих кос; 3 — формирование устьевых баров; 4 — образование острова-средыны; 5 — расщепление острова протоками; 6 — завершение формирования дельтового комплекса (дельтового веера); 7, 8 — возникновение прорывов и формирование сложного дельтового комплекса (сложного дельтового веера) путем причленения более молодых.

бороздины. Эти бороздины, углубляясь, расчлениают его на несколько более мелких островов (рис. 68, поз. 5). В обеих частях речного потока, разделенного островом, в свою очередь образуются новые устьевые бары, снова разделяющие эти протоки на более мелкие. Так постепенно создается многорусловое речное устье, являющееся зачатком дельты. Созданная дельта разрастается, выдвигается в сторону моря, постепенно отвоевывающая у него площадь (рис. 68, поз. б). В том случае, если взморье, располагающееся перед устьем реки, глубокое, то вдоль вытекающей речной струи образуются пальцевые бары, формирующие впоследствии дельты типа «птичьей лапы» (дельта Миссисипи). Если взморье имеет небольшие глубины, то создается веерообразная дельта. В этом случае основная масса терригенного материала откладывается перед фронтом дельты, а более мелкие частицы выносятся в море.

Постепенно отложения дельтового комплекса далеко выдвигаются в пределы водоема, длина дельтовых каналов и проток быстро растет, скорости перемещающейся по ним воды падают, обломочный материал начинает осаждаться внутри дельтовых каналов и проток. Обмеление дельтовых каналов и проток в нижних частях дельты уменьшает их пропускную способность и вызывает поднятие в их верховьях (верхняя часть дельты).

В результате усилившейся боковой эрозии где-то происходит размыв берегового вала и образование прорыва речных вод из дельтового канала. В образовавшийся прорыв избыточные воды устремляются по наиболее короткому расстоянию к морю, промывая для себя новое русло в верхней части дельты. Это русло начинает формировать новый дельтовый комплекс, который причленяется к верхней части уже сформированного ранее. Вновь образовавшийся причлененный дельтовый комплекс будет быстро разрастаться, поскольку он развивается на пологом крае предыдущего дельтового комплекса. После того как новый дельтовый комплекс достигнет значительных размеров, цикл повторяется. В результате образуется сложное сооружение, состоящее из нескольких дельтовых комплексов. Ж. Дайли (Daylli G., 1975 г.) высказал предположение, что при формировании дельт имеет место эффект маятника, т. е. дельтовые комплексы, достигая максимума своего развития на одном крае дельтового веера, начинают постепенно перемещаться к другому его краю, а затем следуют в обратном направлении, формируя все новые комплексы, причленяющиеся один к другому. В результате в устьях крупных равнинных рек, функционирующих длительное время, формируются дельты, захватывающие огромные площади и состоящие из нескольких примененных друг к другу или наложенных друг на друга дельтовых комплексов, каждый из которых образован сочетанием групп фаций, располагающихся в определенной последовательности в соответствии с размещением палеогеографических зон (см. рис. 69). Поскольку для отложений каждой из таких зон выявлены седиментологические и электрометрические модели слагающих их групп фаций, то по данным каротажа может быть восстановлено строение и состав каждого комплекса, а по ним в свою очередь проведена реконструкция древних дельт.

Формирование дельтового ковша. Палеodelьты древних рек, формировавшиеся в течение длительного времени, образованы несколькими расположенными друг над другом или причлененными друг к другу дельтовыми комплексами. Каждый из них имел в плане веерообразное очертание и очень пологое двояковыпуклое поперечное сечение. Эти комплексы оказывали неравномерное давление на породы субстрата, представленные чаще всего глинистыми толщами, накопленными в мелководной части шельфа. Под тяжестью накопленных в дельте отложений в породах субстрата образовывалась пологая компенсационная депрессия (гравитационная впадина) [Daylli G., 1975 г.]. Такая впадина, выполненная отложениями нескольких дельтовых комплексов, выделяется под названием дельтового ковша* (рис. 70). Ее образование могло сопро-

* Ж. Лайли предложил дельтовые отложения, выполняющие гравитационную впадину, называть «дельтовой ложкой». В русском языке этому термину более полно будет соответствовать термин дельтовый ковш, который, как нам кажется, и следует применять в этом случае.

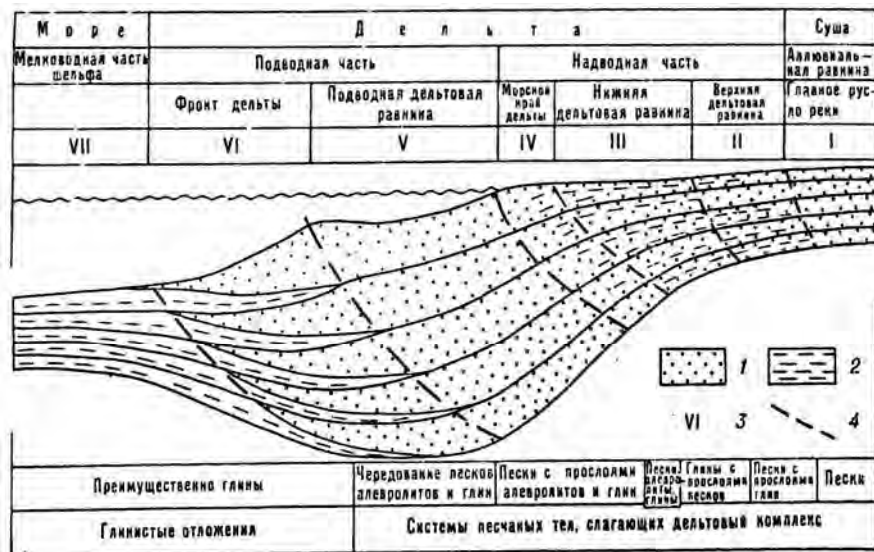


Рис. 70. Типовая модель вертикального строения дельтового ковша реки равнинного типа.

1 — пески; 2 — глины и алевролиты; 3 — географические зоны в дельте; 4 — вертикальное разделение групп фаций в дельтовом ковше.

вождаться неравномерным уплотнением пород, их деформацией и местами, возможно, нарушением сплошности.

Как показали наши исследования, такие дельтовые ковши формировались главным образом в зонах устойчивых опусканий на пологих моноклиналиях, флексуарообразных перегибах, краевых частях молодых и древних платформ в периоды медленно развивающихся регрессий и трансгрессий. Проведенные исследования дельтовых сооружений позволяют высказать предположение, что в пределах древних платформ при крупных медленно развивающихся регрессиях формировались дельтовые ковши небольшой мощности, но захватывающие обширные площади. На более подвижных молодых платформах мощные дельтовые ковши могли образовываться и в периоды крупных, медленно развивающихся прерывистых трансгрессий. Быстрые и кратковременные регрессии и трансгрессии не способствовали развитию крупных дельтовых ковшей, поскольку они не успевали образовываться. Слабые превышения дельт над уровнем моря часто приводили к тому, что даже небольшие колебания земной коры или временные климатические изменения вызвали значительные смещения дельтовых комплексов, а следовательно, и всех составляющих их палеогеографических зон и слагающих их групп фаций. Поскольку каждую группу фаций, входящую в состав дельтового комплекса, характеризует определенная электрометрическая модель, то сводную электрометрическую модель дельтового ковша будут составлять сочетания многих

электрометрических моделей групп фаций, расположенных по разрезу в той или иной последовательности в зависимости от регрессивного или трансгрессивного характера развития дельтовых комплексов.

В качестве примеров могут быть приведены трансгрессивно залегающие комплексы, которые выполняют дельтовый ковш, приуроченный к Южно-Мангышлакскому прогибу (рис. 71), а в качестве дельтового ковша, сложенного регрессивно залегающими дельтовыми комплексами — визейские отложения Куйбышевского Поволжья, приуроченные к Камско-Кинельской системе прогибов (рис. 72). Как можно видеть, трансгрессивный и регрессивный характер развития дельтовых ковшей может быть установлен с помощью их электрометрических моделей достаточно четко, а выделение дельтовых комплексов и образующих их групп фаций позволяет проводить детальную корреляцию дельтовых осадков и осуществлять палеогеографические реконструкции ископаемых дельт, что имеет большое значение при осуществлении локального оперативного прогноза литологических ловушек нефти и газа.

Предложенное в свое время М. В. Кленовой [33] разделение дельт по литологическому признаку (каменные, песчаные, алевролитовые и глинистые) не является удачным, так как не отражает особенностей строения и формирования дельтовых образований и не позволяет выделять их в электрометрических разрезах скважин. В связи с этим в основу классификации древних дельт следует, как нам кажется, положить иной принцип: разделение их по направленности процесса седиментации при формировании дельтовых отложений, что находит отражение на электрокаротажных кривых, и в частности кривых ПС, и дает возможность устанавливать трансгрессивный или регрессивный характер развития дельтовых ковшей.

Создание геологической классификации дельтовых ковшей имело бы большое значение для изучения ископаемых дельт в связи с приуроченностью к ним крупных скоплений углеводородов в различных районах мира. Поэтому проблема поисков дельтовых ковшей, изучение их состава, строения, особенностей размещения на шельфах как древних, так и современных морей является одной из важных задач нефтяной геологии.

РИТМОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И КОРРЕЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН

Одним из наиболее важных факторов, обеспечивающих успех выделения песчаных тел-ловушек нефти и газа и установления их генезиса, является расчленение разреза продуктивных толщ и их детальная корреляция. Как правило, продуктивные отложения, сложенные терригенными породами, не содержат определенных остатков флоры и фауны, позволяющих проводить надежное соп-

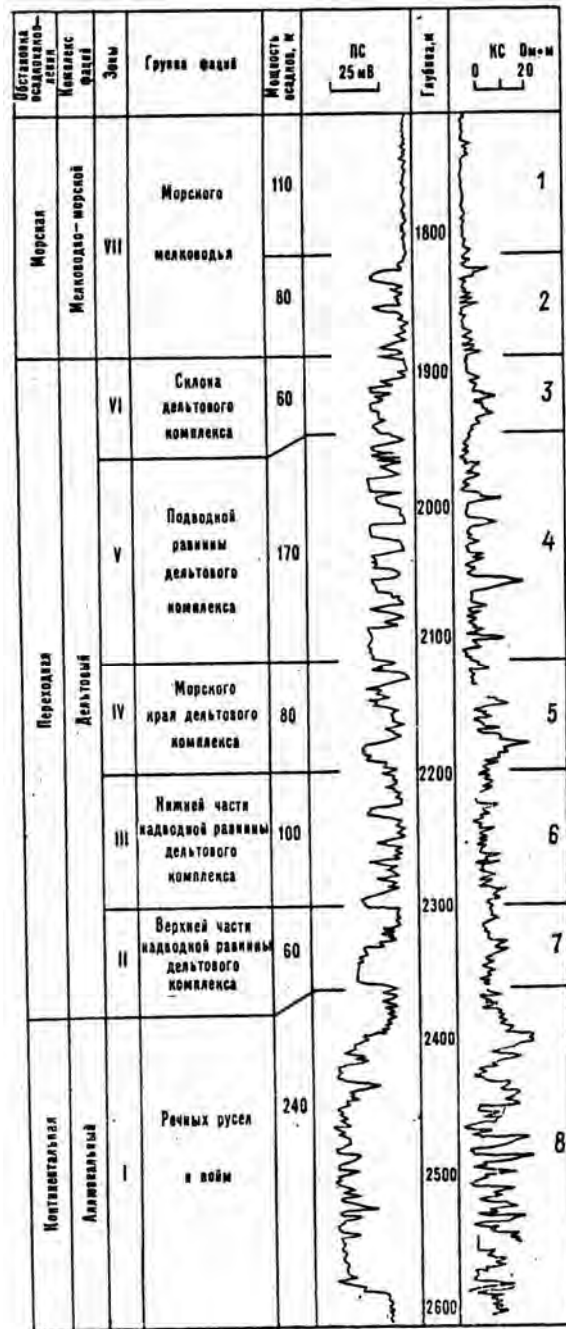


Рис. 71. Схема последовательности залегания групп фаций трансгрессивных дельтовых комплексов и их электрометрические характеристики (Южный Мангышлак, средняя юра). Составил В. С. Муромцев.

Органические остатки: 1 — типичная фауна открытого моря (оксфордский ярус), 2 — фауна прибрежной части открытого моря (келловейский ярус), 3 — морская фауна — пелециподы, гастроподы, брахиоподы, редко аммониты; микрофауна, встречаются углефицированные обрывки растений (батский ярус), 4 — солоноватоводная и морская фауна, пыльца и споры наземных растений, обильная крошка обугленного растительного детрита (батский ярус), 5 — преобладает солоноватоводная фауна, изредка отмечаются остатки вертикально стоящих растений, обильная крошка растительного углистого детрита (байосский ярус), 6 — отпечатки растений, изредка захороненные почвы с вертикально стоящими стеблями и корнями растений, обилие рассеянного растительного детрита и тонкие линзочки углей; споры и пыльца наземных растений, пресноводные пелециподы (байосский ярус), 7 — отпечатки растений плохой сохранности и их обугленные обрывки, местами линзы углей, споры и пыльца растений, в погребенных почвах часто встречаются вертикально стоящие стебли и корни наземных растений, изредка — пресноводные пелециподы (байосский ярус), 8 — отпечатки растений плохой сохранности, растительный рассеянный детрит, местами угольная крошка, иногда стволы и крупные обломки деревьев, редко отпечатки пресноводных пелеципод, пыльца и споры растений (ааленский ярус).

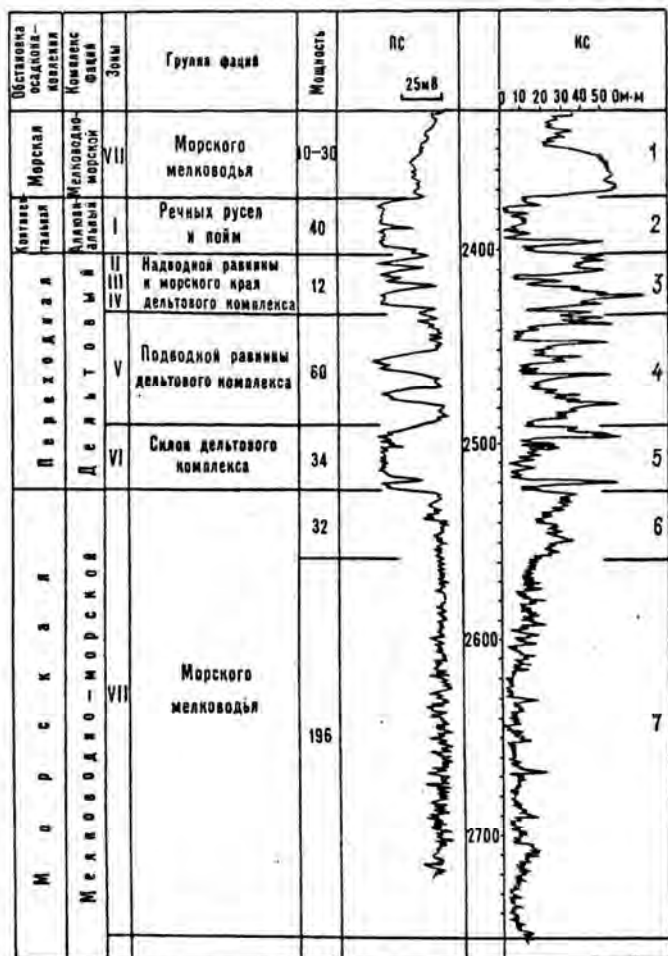


Рис. 72. Схема последовательности залегания групп фаций регрессивных дельтовых комплексов и их электрометрические характеристики (Камско-Кинельский прогиб, визейский ярус). Составил В. С. Муромцев.

Органические остатки: 1 — преимущественно морская фауна (бульевый горизонт), 2 — преимущественно пеллециподы и остракоды, споры и пыльца наземных растений, обугленные растительные остатки, листья углей и углетых глин (бобринковский горизонт, продуктивный пласт С-II), 3 — преимущественно остракоды, споры и пыльца наземных растений, обугленный растительный детрит, тонкие линзы углей и углетых глин (бобринковский горизонт, С-Ia), 4 — преимущественно солоноватоводная фауна — пеллециподы, остракоды, споры и пыльца наземных растений (радаевский горизонт, С-II), 5 — преимущественно морская фауна — пеллециподы, гониматы, остракоды, брахиоподы, споры и пыльца наземных растений (радаевский горизонт, С-IV—III), 6 — фауна прибрежной части моря — пеллециподы, брахиоподы, остракоды, ходы пелецодов, нередки споры и пыльца, растительный детрит (сальковский горизонт, С-IV), 7 — фауна открытого моря — фораминиферы, радиолярии, спикулы губок, иногда — кораллы, пеллециподы, брахиоподы, тонкатины; споры и пыльца растений (сальковский горизонт, С-VIII—VI).

ставление разрезов, а ограниченный вынос керна в скважинах зачастую лишает возможности вообще применять палеонтологические методы для увязки продуктивных горизонтов между собой в пределах отдельных месторождений.

Региональные стратиграфические схемы, разработанные в пределах нефтегазоносных бассейнов, где основными стратиграфическими единицами, выделяемыми на основании изучения остатков фауны и флоры, являются ярусы, свиты, подсвиты и толщи, могут служить лишь исходными пунктами для разработки более дробных — локальных — схем, в основу которых чаще всего бывают положены только литологические принципы корреляции. Эти схемы, охватывающие относительно небольшие интервалы разрезов (литологические пачки, ритмы, продуктивные горизонты), приобретают исключительно важное значение при поисках залежей нефти и газа в ловушках, связанных с выклиниванием песчаных пластов-коллекторов. Наиболее сложным и трудоемким процессом является разработка таких схем для фациально невыдержанных отложений континентального, прибрежно-морского и дельтового генезиса, лишенных маркирующих горизонтов, в том числе и фаунистических. В этих случаях основным методом, позволяющим производить сопоставление разрезов продуктивных отложений, является выделение ритмов и их корреляция в пределах изучаемой площади.

Ритмостратиграфический анализ был широко использован в угленосных бассейнах при сопоставлении угленосных толщ, на материале которых и было проведено выделение и изучение ритмов. В настоящей работе мы не будем касаться почти вековой истории выделения ритмов и дискуссионных положений их образования и терминологии. Мы коснемся лишь тех моментов, на которые, как нам кажется, следует обратить особое внимание в связи с необходимостью корреляции разнофациальных осадков.

Разработкой теоретических вопросов ритмического анализа занимались многие советские исследователи: Н. Б. Вассоевич [1975], И. А. Вылцан [1967 г.], Г. А. Иванов, А. В. Македонов, Н. В. Иванов [1977], Ю. Н. Карогодин [1971 г.; 1980], Г. Ф. Крашенинников [1947 г.], Н. А. Крылов, А. К. Мальцева [1976 г.], С. П. Максимов, Н. Я. Кунин, Н. М. Сардонников [1977], В. С. Муромцев, Р. К. Петрова [1973 г., 1975 г.], В. И. Оноприенко [1972 г.], Л. Б. Рухин [1960], П. П. Тимофеев [1969, 1967 г.], А. П. Феофилова [1954], В. Т. Фролов [1963 г., 1972], В. С. Яблоков, Л. П. Ботвинкина, А. П. Феофилова [1961 г., 1963] и другие. Следует отметить также ряд работ иностранных авторов [Дафф Д., Халлам А., Уолтон Э., 1971; Allen J. R. L, 1965 г., 1970 г.; Beerbower I. R., 1969 г.; Merriam D. F., 1964 г.; Gradzinski R., Kosticka A., Rodomski A., Unrug R., 1971 г.].

Как известно, по своему генезису ритмы разделяются на следующие, а) бассейновые — образующиеся в солоноватых или морских бассейнах, б) паралические — представленные морскими и континентальными отложениями, в) лимнические — сложенные

только континентальными образованиями. Д. В. Наливкиным [1955 г.] выделяются макро- и микроритмы. Для корреляции нефтегазоносных толщ наибольшее значение имеют мезоритмы, образующиеся в результате пульсирующих тектонических движений положительного и отрицательного знака или в результате климатических колебаний. Принцип ритмического анализа продуктивных отложений в нефтяной геологии использовался весьма ограниченно. Это в первую очередь связано с небольшим выходом керна при бурении глубоких скважин, необходимого для выявления литологического состава пород, последовательности их напластования и установления границ ритмов. Однако при поисках литологических ловушек нефти и газа возникает необходимость в детальной корреляции разрезов в пределах относительно небольших территорий нефтяных месторождений или их групп. В этом случае использование ритмического чередования пород представляется нам более надежной основой для создания локальных стратиграфических схем продуктивных отложений, чем увязка разрезов глубоких скважин путем корреляции продуктивных горизонтов или пластов — метод, широко применяемый как в производственных, так и в научно-исследовательских организациях. Это объясняется тем, что в континентальных, прибрежно-морских и дельтовых отложениях отдельные песчаные пласты не всегда являются выдержанными по простиранию горизонтами. Они часто меняются в мощности, бифуркируют либо полностью выклиниваются на небольших расстояниях. Ритмы в этом отношении более устойчивы, поскольку представляют собой образования, отражающие изменения осадконакопления в пределах более обширных территорий, связанные либо с тектоническими колебаниями, либо с периодическими изменениями климата.

С целью использования каротажных кривых для выделения ритмов и их корреляции нами были установлены электрометрические характеристики ритмов различного генезиса. Для этого подбирались участки разрезов в пределах того или иного ритма, пробуренные со сплошным отбором керна. Слагающие ритм породы подвергались комплексному изучению, определялась их фациальная природа с использованием седиментологических и электрометрических моделей фаций. Это давало возможность определять генезис ритма.

При изучении ритмов различного генезиса оказалось, что они чаще всего встречаются не в виде одиночных ритмов, а группами, образуя в разрезах пачки, состоящие из нескольких сходно построенных ритмов. Такие группы, имеющие близкие электрометрические модели отдельных ритмов, мы выделили под названием литологических пачек - ритмов. Оказалось также, что отдельные ритмы или даже целые литологические пачки-ритмы в ряде случаев по тем или иным причинам обладают индивидуальными только им свойственными характерными особенностями, позволяющими установить их на значительных территориях. В качестве примеров таких пачек-ритмов могут быть приведены осадки ааленского яруса

Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака и валанжинские отложения Широтного Приобья Западной Сибири (группа пластов Б).

Такие пачки служат хорошими опорными горизонтами для создания каркаса локальных стратиграфических схем, поскольку являются более стабильными единицами, чем ритмы. Они оказываются также более эффективными при корреляции отложений, формировавшихся в различных фациальных условиях. Это объясняется тем, что смена фациальных условий происходит постепенно, а в связи с этим постепенно меняется и характер строения ритмов. Сначала в пачке появляются нехарактерные для нее отдельные ритмы, но в целом пачка еще некоторое время продолжает сохранять свою индивидуальность, пока вновь появившийся признак не станет доминирующим. В этом случае литологическая пачка-ритм теряет свои прежние черты и будет отражать уже иные условия седиментации. Электрометрические модели таких характерных пачек-ритмов и отдельных ритмов использовались нами как опорные при создании скелетной основы локальных стратиграфических схем, основанных на анализе данных стандартного каротажа скважин.

Создание локальных электрометрических схем корреляции дало возможность проследить распределение по площади как отдельных ритмов, так и литологических пачек-ритмов, а следовательно, и приуроченных к ним песчаных тел-коллекторов нефти и газа и глинистых покрышек в пределах отдельных территорий и выявлять их фациальную природу. Таким образом, электрометрические модели ритмов могут быть использованы не только для целей корреляции разрезов, но и для выявления условий седиментации, существовавших на той или иной территории в изучаемый отрезок времени.

Отработка методики выделения ритмов и корреляции разрезов скважин по электрометрическим моделям ритмов проводилась на юрских терригенных отложениях Мангышлака. Эти отложения, сложенные континентальными, прибрежно-морскими и дельтовыми осадками, обладают большой мощностью (более 1500 м), содержат многочисленные песчаные пласты, характеризуются резкой фациальной изменчивостью, отличаются скудностью палеонтологических остатков и отсутствием хорошо выраженных маркирующих горизонтов.

Используемые нами при корреляции юрских продуктивных отложений Мангышлака электрометрические модели ритмов оказались применимыми в ряде нефтегазоносных бассейнов, в том числе в Среднем Поволжье и Западной Сибири. В настоящей работе мы остановимся на рассмотрении особенностей строения, литологического состава и электрометрических характеристик трех генетических групп ритмов: бассейновых, формировавшихся в морских условиях, лимнических, образовавшихся в континентальной обстановке, и паралических — переходных.

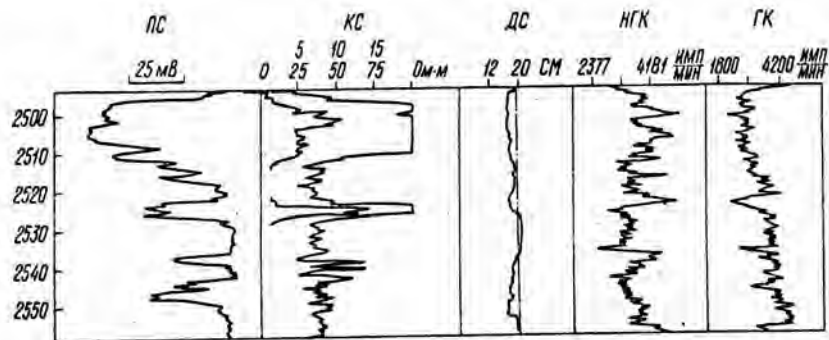


Рис. 73. Электро- и радиометрическая характеристика отложений III ритма валанжинского яруса Повховского месторождения.

1. Бассейновые (морские) ритмы широко развиты в батских отложениях Мангышлака и нижнемеловых (валанжинских) отложениях Широтного Приобья Западной Сибири (пласты группы Б). Ритмы обычно построены по следующей схеме. Их нижняя часть образована преимущественно глинистыми разностями, средняя — алевролито-глинистыми породами с прослоями песков или песчаников, количество которых увеличивается вверх по разрезу, вплоть до преимущественного развития грубозернистых отложений в верхней части ритма. Таким образом, для бассейновых ритмов характерно увеличение размеров обломочных зерен (зернистости) вверх по разрезу. Эта схема может быть в той или иной мере осложнена за счет появления ритмов более мелких порядков (второго и третьего).

В связи со сказанным и электрометрическая модель ритма, образованного осадками морского генезиса, будет характеризоваться в своей нижней части наличием главным образом положительных аномалий кривой ПС, которые к кровле ритма будут постепенно сменяться отрицательными аномалиями. В направлении к глубоким частям бассейна мощность верхней (грубозернистой) части ритма сократится, нижней (глинистой) — возрастет. В сторону берега будет наблюдаться в общем обратная картина, т. е. увеличится верхняя песчаная часть ритма, поэтому изменятся и электрометрические модели ритмов. Литологические пачки-ритмы, образованные несколькими ритмами морского генезиса, будут соответственно характеризоваться чередованием положительных и отрицательных отклонений кривой спонтанной поляризации. В качестве примера (рис. 73) приведена характерная электрометрическая модель бассейнового ритма валанжинского яруса Западной Сибири (Повховское месторождение).

2. Лимнические (континентальные) ритмы. Отличительной особенностью континентальной обстановки осадконакопления от морской является разнообразие рельефа и климата, неравномерность размещения обломочного материала по площади, непостоянство

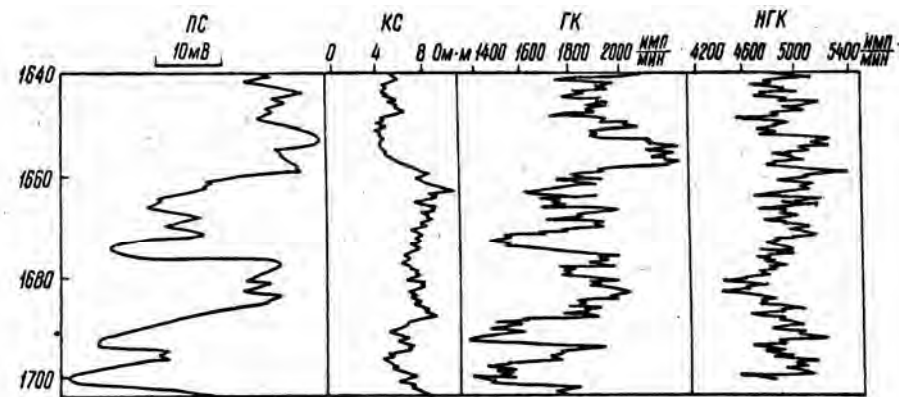


Рис. 74. Электро- и радиометрическая характеристика отложений X ритма байосского яруса Южного Мангышлака.

его состава, фациальной природы и мощностей. Характерной особенностью этой обстановки осадконакопления является преобладание размыва осадков над их аккумуляцией, что находит свое отражение в строении лимнических или континентальных ритмов. Как правило, континентальные отложения сохраняются лишь в периферийных частях зон денудации в наиболее пониженных участках рельефа, которые не были затронуты последующими размывами (грабены, участки быстрого интенсивного опускания, сбросы). В сторону областей сноса ритмы становятся все более и более сокращенными за счет размыва.

Континентальные ритмы в отличие от бассейновых (морских) образованы наиболее грубыми породами в своей нижней части. Это обычно крупно- и среднезернистые пески с галькой в основании, залегающие на размываемых подстилающих породах. Вверх по разрезу они сменяются переходными породами, состоящими чаще всего из прослоев мелкозернистых песков, алевролитов и глин, а заканчиваются ритмы глинистыми разностями, часто содержащими прослойки почв, подпочв, углей. Таким образом, континентальные ритмы, хотя и образованы сходным набором пород, резко отличаются от бассейновых последовательностью их напластования и смены палеогидродинамических уровней седиментации. В связи с этим электрометрические модели континентальных ритмов будут характеризоваться значительными отрицательными аномалиями ПС внизу, зоной перехода в средней части ритма и преимущественно положительными отклонениями кривой в его верхней части (рис. 74).

3. Паралические (переходные) ритмы наиболее характерны для переходной (дельтовой) обстановки осадконакопления. Ю. А. Жемчужников и сотрудники его группы выделяли их под названием однородных, т. е. ритмов, у которых нижняя и верхняя части представлены одинаковыми фациями (рис. 75). Такое название очень точно отражает особенности строения этих ритмов. В дельтовых

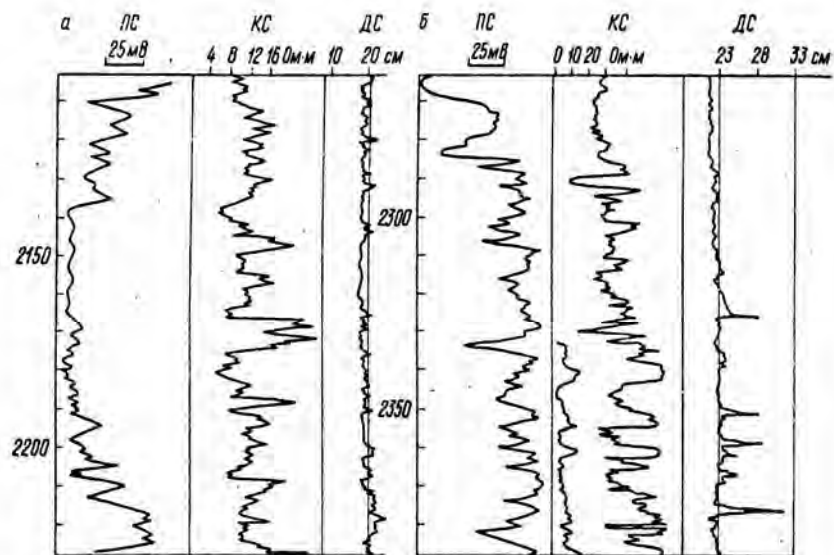


Рис. 75. Электрометрические характеристики отложений VI—VII (а) и IX (б) ритмов батского и байосского ярусов Мангышлака.

отложениях юрской продуктивной толщи Мангышлака нами были обнаружены два типа паралических ритмов, мощность которых от 100 до 150 м. Первый тип паралических ритмов в основном сложен песчаными породами, среди которых встречаются глинистые пласты. В кровле и подошве ритма песчаные слои обогащаются глинистым материалом и переходят в глины, содержащие обильную углистую крошку и редкую фауну солоноватоводных пелеципод. Следы размывов в кровле и подошве ритма отсутствуют. Как показали наши исследования, ритмы такого типа (формировались в устьях рек и связаны с отложениями устьевых баров и подводной равнины дельтовых комплексов, где ритмы образуют литологические пачки ритмов. Второй тип паралических ритмов в отличие от первого представлен частым чередованием небольших по мощности пластов глин и алевролитов. Среди слагающих его пород отмечаются прослой углей, почв и подпочв, изредка встречаются песчаные слои относительно небольшой мощности, залегающие на различных стратиграфических уровнях в средней части ритма. Переходы одних литологических разностей в другие чаще всего постепенные. Следы резких размывов отсутствуют. В подошве и в кровле ритмов алевро-глинистые осадки замещаются песчаными. Судя по имеющемуся в нашем распоряжении материалу, отложения, слагающие этот ритм, формировались в условиях надводной равнины дельтового комплекса и представляю г собой чередование осадков заболоченных пойм, стариц, озер, култуков, ильменей, маршей и лайд.

Приуроченные к средним частям ритмов песчаные слои образованы отложениями дельтовых проток (реже каналов), вдольбереговых валов и кос. Электрометрические модели этих двух типов паралических ритмов обладают характерными формами кривой ПС и представлены в первом случае преимущественно отрицательными, а во втором — положительными отклонениями кривой ПС (рис. 75).

Таким образом, электрометрические модели ритмов позволяют определять генетическую природу ритмов и использовать этот признак для корреляции разрезов, что дает возможность выделять ограниченные интервалы прослеживания для проведения детальных палеогеографических реконструкций с целью выявления и прогноза локально развитых песчаных тел — возможных литологических ловушек углеводородов.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

МЕТОДИКА ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗА ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ЛОВУШЕК НЕФТИ И ГАЗА ПО ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ ФАЦИЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЦИЙ ПО ИХ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ

Как было показано в первой части работы, исследования естественных обнажений и керна скважин позволили установить седиментологические, а затем и электрометрические модели фаций. Электрометрические модели фаций представляют собой определенной формы аномалии кривой ПС, образованные рядом элементов (знак отклонения кривой ПС, кровельная, боковая, подошвенная линии, ширина аномалии и т. д.). Каждый такой элемент выполняет ту же функцию, что и первоначальные признаки при установлении генезиса осадка по естественным обнажениям и керну скважин. Наиболее характерные для данной фации первоначальные признаки или их сочетания, нашедшие свое отражение в осадке, горной породе или в форме кривой ПС, выделяются нами под названием диагностических признаков.

Диагностические признаки фаций

Разработанная система диагностических признаков дает возможность устанавливать фациальную природу осадка не только в результате изучения горных пород, но и по их электрометрическим характеристикам. Оценивая диагностические признаки с точки зрения их значимости при определении фаций по электрокаротажу, их можно подразделить на определяющие, характеризующие и дополняющие.

Определяющие диагностические признаки. К этой группе отнесены признаки, четко фиксируемые на электрометрических разрезах скважин и достаточно типичные для той или иной фации. Они не только дают возможность определять генезис осадка, но и устанавливать изменение литологии, гранулометрического состава, коллекторских свойств пород и палеогидродинамические условия седиментации.

Диагностическими признаками, входящими в эту группу, служат не только элементы кривой ПС и их сочетания, но и последовательная смена аномалий в электрометрическом разрезе. Знак отклонения кривой ПС дает возможность производить расчленение электрометрического разреза на положительные и отрицательные аномалии, что соответствует выделению в разрезе литологических пачек, отдельных слоев и тел преимущественно песчаного или глинистого состава. Знак отклонения кривой ПС используется главным обра-

зом при автоматизированной обработке данных каротажа с помощью ЭВМ. Форма аномалии кривой ПС. Для каждой фации характерна особая, только ей свойственная форма аномалий кривой ПС — электрометрическая модель фации. Форма кривой ПС содержит важную информацию по целому ряду признаков, позволяющих оценивать строение и мощность изучаемых отложений, переходы их к выше- и нижележащим, характер контактов и т. д. Форма кривой ПС дает возможность предварительно устанавливать генезис осадка (до проведения детального анализа слагающих ее элементов), определять группу, к которой принадлежит та или иная фация. Для облегчения определения как групп, так и отдельных фаций по данным электрокаротажа, на прилагаемых рисунках (рис. 81—86) показаны геометрически формализованные электрометрические модели, на которых выделены их наиболее характерные особенности, и реальные электрометрические модели отдельных входящих в эти группы фаций. Реальные модели были взяты из конкретных электрометрических разрезов скважин, пробуренных на Мангышлаке, в Западной Сибири и Среднем Поволжье. Всего установлено 18 электрометрических моделей фаций, которые объединены в 8 групп. Электрометрическая характеристика регрессивного бара, впервые выявленная П. Е. Поттером [Potter P. E., 1967 г.], И. В. Шелтоном [93] и Г. С. Вишером [97], была подтверждена нашими наблюдениями.

Для более уверенного определения фаций по их электрометрическим моделям кроме формы аномалий ПС анализируются и составляющие ее элементы (кровельная, боковая, подошвенная линии, ширина аномалии и т. д.). Каждый из этих элементов указывает на характер процесса накопления осадков.

Кровельная линия. Эта линия отражает изменение литологического состава пород и палеогидродинамических условий, существовавших на последних этапах формирования песчаных (или глинистых) образований, и характер их контактов с вышележащими отложениями.

Горизонтальная кровельная линия фиксирует резкий литологический контакт на границе с покрывающими породами, обусловленный резкой сменой гидродинамических режимов осадконакопления.

Наклонная кровельная линия указывает на постепенный переход одних литологических разностей в другие. Наклонные кровельные линии в зависимости от характера переходов могут быть:

- а) прямыми, что соответствует постепенному равномерному изменению литологического состава пород от грубозернистых к тонкозернистым;
- б) волнистыми, отражающими постепенное, но неравномерное изменение литологического состава вверх по разрезу;

в) зубчатыми, связанными с резкими переходами одних литологических разностей в другие на фоне общего уменьшения зернистости пород по разрезу;

г) рассеченными, указывающими на наличие чередующихся прослоев различного литологического состава в верхней части изучаемых отложений.

Перечисленные нами типы кровельных линий свойственны как отрицательным, так и положительным аномалиям. Они имеют большое значение при определении генезиса отложений. Так, например, для широко распространенных мелководно-морских аккумулятивных образований — регрессивных баров — одним из наиболее важных диагностических признаков его электрометрической модели является горизонтальная кровельная линия.

Боковая линия. Характер боковой линии аномалии отражает палеогидродинамические особенности формирования отложений данной фации, зафиксированные в изменении литологического состава по разрезу песчаного тела или глинистого пласта. Боковые линии электрометрических аномалий могут быть прямыми, волнистыми, зубчатыми и рассеченными.

Прямая боковая линия свидетельствует об однородности литологического состава и постоянстве палеогидродинамических уровней в период формирования отложений. Отрицательные аномалии с прямыми боковыми линиями чаще всего характерны для осевых частей песчаных тел, сформировавшихся в стабильных палеогидродинамических условиях.

Аномалии с волнистыми боковыми линиями отражают чередование пород близкого литологического (гранулометрического) состава, обусловленное небольшими колебаниями гидродинамических уровней седиментации.

Зубчатые и рассеченные боковые линии аномалий, отражающие чередование прослоев различного литологического (гранулометрического) состава, указывают на непостоянство и резкую смену палеогидродинамических условий седиментации и чаще всего характерны для периферийных (краевых) частей песчаных тел и зон их выклинивания.

Подошвенная линия. Характер перехода или контакта с подстилающими отложениями в сочетании с другими признаками позволяет не только выявлять некоторые детали процесса накопления осадков, но в ряде случаев представляется решающим фактором в определении генезиса отложений. Так, одним из наиболее типичных признаков руслового аллювия является резкий контакт с размывом в основании песчаного тела. На электрометрической модели этот признак отражается в виде горизонтальной подошвенной линии.

Песчаные тела прибрежно-морского генезиса в отличие от аллювиальных связаны с подстилающими отложениями постепенным переходом. В этом случае подошвенная линия аномалии будет наклонной. Причем характер этой линии (прямая, волнистая,

зубчатая, расчлененная) отражает степень динамической неустойчивости водной среды.

Ширина аномалии. Ширина положительной или отрицательной аномалии, измеренная в метрах по разделительной линии ($A_{пс} = 0,5$), отражает мощность песчаных или глинистых осадков. Она может колебаться в широких пределах: от единиц до десятков и даже сотен метров. Ширина электрометрических аномалий находится в зависимости от гидродинамических особенностей формирования осадка. Так, наибольшую ширину имеют отрицательные аномалии ПС в пределах осевых частей песчаных тел. Наибольшая ширина положительных аномалий связана с областями морского шельфа, где происходило накопление глинистых осадков в течение длительного времени. В этих случаях ширина аномалий может достигать многих десятков или даже первых сотен метров (оксфордские глины Мангышлака).

С аномалиями, имеющими небольшую ширину, связаны, как правило, зоны перехода песчаных осадков в глинистые и наоборот. Такие зоны перехода (краевые части песчаных тел) на кривой ПС представлены частым чередованием однотипных отрицательных и положительных аномалий. Малая ширина их затрудняет возможность установления с их помощью генезиса отложений, поскольку эти аномалии в большинстве случаев не несут четко выраженных диагностических признаков.

Значение $A_{пс}$. Значение относительной амплитуды ПС и его изменение в пределах электрометрической аномалии позволяет получать ценную информацию о литологическом строении песчаных или глинистых осадков, характере и направлении изменения палеогидродинамических уровней по разрезу, фациальной природе осадка.

Максимальные значения $A_{пс}$. В пределах аномалий максимальным значениям $A_{пс}$ соответствуют: участки разреза, сложенные относительно более грубым обломочным материалом, сформированным в периоды наиболее высокой палеогидродинамической активности среды седиментации. Изменения этого значения отражают соответствующие смены палеогидродинамических уровней, а следовательно, и наличие постепенных или резких переходов с подстилающими и покрывающими породами.

Положение максимального значения $A_{пс}$. Расположение максимальных значений $A_{пс}$, т. е. наибольших отклонений кривой в пределах аномалии, указывает, в какой период формирования пачки (начальный, средний, завершающий) имело место отложение наиболее грубозернистых пород, а следовательно, существовали условия, характеризующиеся наиболее высокими палеогидродинамическими уровнями среды седиментации.

Участки наибольшего и наименьшего отклонения кривой в пределах аномалии для отложений различных фаций располагаются неодинаково. Так, для отрицательных аномалий, связанных с русловыми песками, участки наибольшего отклонения кривой отмеча-

ются вдоль всей боковой линии и особенно в ее нижней части. Минимальное (чаще всего весьма незначительное) отклонение встречается только в верхах аномалии.

Осадки береговых валов и песков разливов характеризуются тем, что наибольшее отклонение имеет место в самой нижней части аномалии в месте соединения подошвенной и кровельной линий.

Песчаные отложения прибрежно-морского генезиса в отличие от аллювиальных характеризуются противоположным расположением участков наибольших и наименьших отклонений кривой, т. е. максимальные отклонения отмечаются в верхней, а минимальные — в нижней части аномалии. Однако встречаются аномалии, где участки наибольшего отклонения кривой приурочены к средней, а в некоторых случаях даже к нижней ее частям (головы разрывных течений, трансгрессивные бары).

Морские глинистые отложения в противоположность глинистым осадкам континентального генезиса характеризуются наибольшим отклонением кривой в верхней, а наименьшим — в нижней части аномалии. Только электрометрическая модель фации открытого моря и крупных морских заливов характеризуется минимальными отклонениями кривой ПС по всей ширине аномалии (чистые однородные глины).

Таким образом, положение максимальных и минимальных значений Апс может быть использовано наряду с другими признаками для определения генетической природы осадка по данным электрокаротажа.

Направление уменьшения значений Апс. Направление, в котором происходит уменьшение значений Апс, указывает на увеличение содержания глинистого материала и уменьшение зернистости. В связи с тем что изменение этих параметров хорошо фиксируется на кривых спонтанной поляризации, эти кривые могут быть использованы для установления направления, в котором шло ослабление энергетических уровней седиментации.

Поскольку для каждой фации характерна своя, свойственная только этой фации, последовательность смены палеогидродинамических режимов во времени, то направление уменьшения значений Апс следует рассматривать как один из определяющих диагностических признаков. Так, для аллювиальных отложений характерно уменьшение значений Апс вверх по разрезу. В то же время для большинства осадков, отлагающихся в морской обстановке, уменьшение значений Апс будет происходить в обратном направлении, т. е. сверху вниз по разрезу.

Сочетание электрометрических моделей фации в разрезе. Для установления фациальной природы осадка и направленности процесса седиментации имеет значение использование рядов близких в генетическом отношении фаций. Знание таких рядов позволяет уверенно определять фации, расположенные, между двумя известными. С помощью этого приема может быть уточнена фациальная природа осадка, электрометрическая модель.

которого недостаточно четко выражена, а выше- и нижезалегающие модели допускают их уверенное определение. Кроме того, использование рядов фаций дает возможность определять общую направленность процесса седиментации (трансгрессивный или регрессивный), а также выявлять ритмическое строение разреза.

Электрометрические модели парагенетических рядов фаций. Понятие о рядах фаций было введено Л. Б. Рухиным [1953 г.]. Оно дает возможность располагать генетически близкие фации в определенной последовательности по разрезу и площади. Зная закономерности распределения фаций в различных генетических рядах, можно более уверенно осуществлять их определение и прогнозирование.

В связи с тем что для каждой фации имеются свои электрометрические модели, последние также могут быть использованы для создания парагенетических рядов электрометрических моделей фаций. Эти ряды могут быть образованы родственными между собой фациями, модели которых будут резко отличаться друг от друга по форме кривой ПС. Поэтому одно и то же песчаное тело, вскрытое скважинами в различных его частях, будет характеризоваться отличными друг от друга электрометрическими моделями. Например, электрометрические характеристики осевых частей песчаных тел аллювиального генезиса будут резко отличаться от электрометрических характеристик их краевых частей. Зная парагенетические ряды фаций и их электрометрические модели, можно осуществлять более уверенное определение фаций и корреляцию отложений по данным электрокаротажа.

Электрометрические модели вышележащих фаций при трансгрессивном залегании. При определении фации по электрометрическим моделям необходимо учитывать генезис отложений, залегающих ниже и особенно выше по разрезу. Большое значение это имеет при поисках залежей нефти и газа, поскольку углеводороды сосредоточиваются в верхних частях пластов-коллекторов, и в связи с этим важно знать строение и особенности пространственного изменения покрывающих их отложений-экранов. Кроме того, выявление однотипных аномалий в выше- и нижезалегающих частях разреза и установление их ритмического чередования способствуют более правильному выделению ритмов и литологических пачек ритмов по данным электрокаротажа.

При трансгрессивном характере залегания каждая из выделенных фаций перекрывается осадками, сменяющимися друг друга в определенной последовательности. Так, например, в континентальных обстановках фации русловых отмелей будут сменяться фациями внешних, а затем внутренних частей речных пойм; прибрежно-морские отложения баров и забаровых лагун — осадками морских заливов или открытых частей мелководного морского шельфа. Зная последовательную смену фации при трансгрессивном характере залегания, значительно легче определить генезис залегающего выше осадка по электрометрическим разрезам скважин, даже если

электрометрическая модель этой фации будет выражена недостаточно четко.

Электрометрические модели вышележащих фаций при регрессивном залегании. При регрессии смена фаций происходит также в определенной последовательности, в связи с чем и их электрометрические модели будут изменяться в той же последовательности. Это дает дополнительные возможности для подтверждения правильности установления фаций. Так, при регрессии фации русловых отмелей равнинных меандрирующих рек будут перекрываться со следами размыва отложениями русловых отмелей спрямленных или даже фуркирующих рек. Причем размыв будет тем глубже, чем ниже опускается базис эрозии. В ряде случаев отложившиеся осадки бывают полностью уничтожены. В морской обстановке регрессивный характер разреза выражается в смене фаций открытого моря фациями морских побережий (бары, забаровые лагуны, пляжи).

Сходные электрометрические модели фаций и их отличительные особенности. Сходство отложений некоторых фаций объясняется близкими палеогидродинамическими условиями в период их формирования. Однако для большинства фаций имеются достаточно характерные различия, выраженные в различной последовательности смены динамических режимов во времени, что отражается в электрометрических моделях фаций и позволяет различать их.

Так, например, электрометрические модели фаций временно заливаемых участков пойм и фаций приморских болот имеют вид 'прямоугольных треугольников, расположенных в зонах положительных отклонений ПС. Эти модели могут различаться по положению в пределах аномалии максимальных значений Апс и по характеру кровельной и подошвенной линий. Для первой модели максимальное значение Апс располагается в верхней части аномалии, а кровельная линия является горизонтальной, в то время как для второй модели это значение Апс находится в ее нижней части, а горизонтальной является подошвенная линия. Однако встречаются электрометрические модели разных фаций настолько близкие по форме кривой ПС, что различить их можно лишь в результате исследования аномалий, залегающих выше и ниже по разрезу.

В качестве примера могут быть приведены электрометрические модели фаций русловых отмелей спрямленных рек и модели фаций промоин разрывных течений. В первом случае выше и ниже должны залежать отложения континентальных, а во втором — прибрежно-морских фаций. Знание сходных и отличительных признаков обеспечивает более уверенное определение фаций по данным электрокаротажа и облегчает решение этой сложной задачи.

Характеризующие диагностические признаки. К этой группе отнесены признаки, характеризующие морфологию и пространственное размещение песчаных тел и глинистых экранов, Эти признаки не находят непосредственного отражения на электрометрических

моделях, но могут быть получены с их помощью путем картирования одного из элементов модели — ширины аномалии, измеряемой в метрах по линии Апс = 0,5.

Выявление морфологических особенностей песчаных и глинистых образований позволяет, с одной стороны, уточнять их генезис, с другой — прогнозировать развитие коллекторов и экранов на неразбуренных участках.

Поперечное сечение. Форма поперечных сечений песчаных тел представляет собой один из наиболее важных в этой группе признаков, поскольку она связана с особенностями накопления осадков в тех или иных условиях [Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р., 1976; Rittenhaus G., 1961 г.]. Среди многообразия форм поперечных сечений нами выделены шесть основных типов: 1) линзообразно-изогнутые, 2) линзообразно-вогнутые, 3) пластообразно-вогнутые, 4) линзообразно-двояковыпуклые, 5) линзообразно-выпуклые, 6) пластообразно-выпуклые. Кроме того, формы поперечных сечений песчаных тел могут быть симметричными и асимметричными, а также осложнены зубчатостью с одной или двух сторон (одно- и двустороннезубчатое) (рис. 76).

Перечисленные выше формы поперечных сечений характерны главным образом для простых тел, однако в практике нефтепоисковых работ часто имеют дело с песчаными телами сложного строения, т. е. состоящими из нескольких простых тел. В таких случаях иногда бывает необходимо установить не только форму песчаного тела, но и взаимосвязь (характер залегания или сочленения) составляющих его простых тел, что особенно важно для выявления направлений изменения по площади условий осадконакопления (направление смещения русел рек, миграции береговых линий древних водоемов и т. д.).

Среди сложно построенных песчаных тел можно выделить четыре основные группы, различающиеся по характеру сочленения составляющих их простых песчаных тел (рис. 77, 78):

- 1) изолированные — группа песчаных тел, залегающих среди глинистых пород-экранов и не соприкасающихся друг с другом;
- 2) прилегающие — группа песчаных тел, резко смещенных по горизонтали и прилегающих друг к другу своими боковыми частями;
- 3) соприкасающиеся — группа песчаных тел, залегающих друг над другом и соприкасающихся своими поверхностями иногда со следами размыва;
- 4) вложенные — группа песчаных тел, вложенных в результате размыва друг в друга.

Такие сложно построенные песчаные тела, широко развитые в аллювиальных, прибрежно-морских и дельтовых отложениях, являются хорошими коллекторами и могут аккумулировать значительные количества углеводородов.

Глинистые отложения-экраны, формирующиеся преимущественно в пониженных участках рельефа, имеют, как правило, линзо-

Формы песчаного тела	Симметричные	Асимметричные	Асимметричные зубчатые
Линзообразно-изогнутая			
Линзообразно-вогнутая			
Пластообразно-вогнутая		—	—
Линзообразно-двойковоупуклая			
Линзообразно-выпуклая			
Пластообразно-выпуклая		—	—

Рис. 76. Формы поперечных сечений песчаных тел.

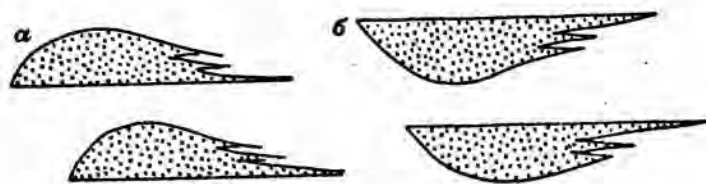


Рис. 77. Поперечные сечения изолированных линзообразно-выпуклых (а) и линзообразно-вогнутых (б) одностороннезубчатых песчаных тел.

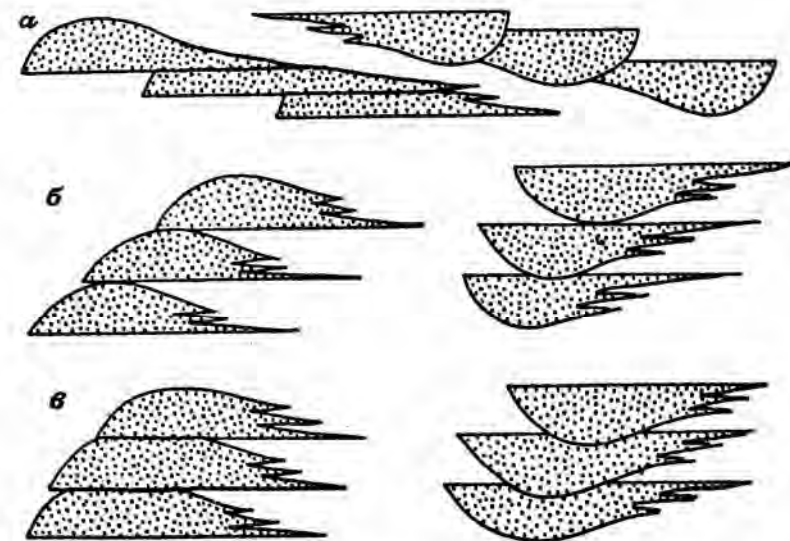


Рис. 78. Характер сочленения сложно построенных линзообразно-выпуклых и линзообразно-вогнутых одностороннезубчатых песчаных тел.

а — прилегающие; б — соприкасающиеся нижней поверхностью; в — вложенные.

образно-вогнутые и пластообразно-вогнутые формы поперечных сечений. Однако значительные превышения ширины поперечного сечения над мощностью (иногда более чем в 1000 раз), а также налегание их друг на друга без видимых границ делают изучение формы поперечного сечения этих образований затруднительным.

Продольное сечение. Форма продольных сечений песчаных тел устанавливается с большим трудом, чем поперечных. Это связано в первую очередь с трудностями прослеживания песчаных тел, простирающихся на большие расстояния (десятки, а иногда и сотни километров). Однако в ряде случаев, особенно в хорошо разбуренных районах, установление характера продольного сечения позволяет более полно охарактеризовать морфологию песчаных тел и более уверенно прогнозировать их в пределах слабоизученных территорий.

Среди форм продольных сечений песчаных тел выделяются следующие (рис. 79): 1) линзообразно-выпуклые, 2) линзообразно-вогнутые, 3) четковидно-линзообразно-выпуклые, 4) четковидно-линзообразно-двойковоупуклые, 5) четковидно-линзообразно-вогнутые, 6) пластообразные, 7) линзообразно-двойковоупуклые, 8) линзообразно-изогнутые. Указанные формы продольных сечений

В ряде случаев значительно усложняются за счет их комбинаций друг с другом. Разобраться в этой сложной картине помогает предварительное картирование осевых частей (или зон) песчаных тел на значительной площади.

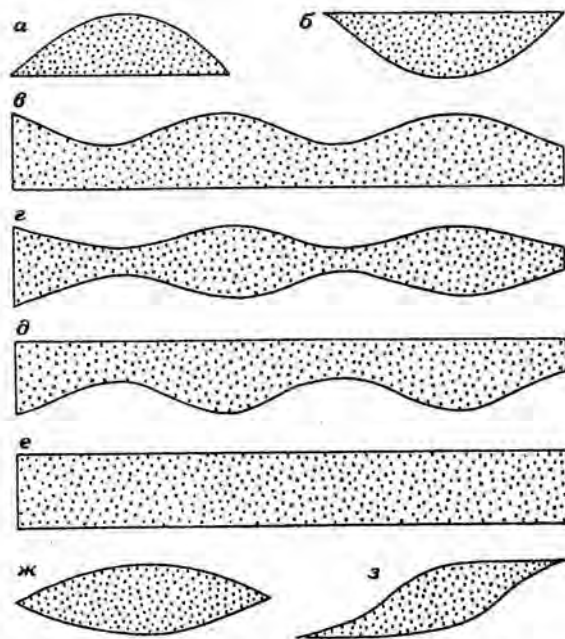


Рис. 79. Формы продольных сечений песчаных тел.

а - линзообразно-выпуклая; б - линзообразно-вогнутая; в - четковидно-линзообразно-выпуклая; г - четковидно-линзообразно-вогнутая; д - пластинчатая; е - пластинчатая; ж - линзообразно-выпуклая; з - линзообразно-вогнутая.

Глинистые отложения-экраны, как правило, обладают меньшим разнообразием форм продольных сечений, среди которых выделяются: 1) линзообразно-вогнутые, 2) четковидно-линзообразно-вогнутые, 3) пластинчатые. Ограниченное количество выделенных типов обусловлено спецификой условий накопления глинистых отложений, формировавшихся в пониженных участках рельефа.

Распределение по площади. Формы распределения песчаных тел по площади имеют различные очертания, среди которых основными являются (рис. 80): 1) изометрические, 2) овальные, 3) линейно вытянутые, 4) неправильные. Такие формы свойственны главным образом простым песчаным телам. Сложно построенные песчаные тела имеют в плане более сложную конфигурацию. Так, изометрические изолированные тела, располагаясь в плане друг за другом, могут образовывать вытянутые цепочки. Соприкасающиеся песчаные тела в плане состоят из кулисообразно расположенных тел овальной формы, линейно вытянутые песчаные тела могут разветвляться, формируя сложные системы, занимающие большие площади (рис. 80.6).

Дополняющие диагностические признаки. Определение фаций по керну скважин или в естественных обнажениях осуществляется с помощью характерных генетических признаков. Большинство таких признаков не фиксируется на электрометрических моделях фаций. В связи со сказанным к дополняющим диагностическим признакам относятся признаки, которые могут быть выявлены лишь при изучении образцов из естественных обнажений и керна скважин. Знание этих признаков имеет важное значение при восстановлении фациальных условий и реконструкции палеогеографических обстановок, проводимых с помощью электрометрических моделей фаций. Такие сведения могут существенно дополнять характеристики фаций, выявленных по данным электрокаротажа.

Органические остатки. Наличие определяемых органических остатков в пределах изучаемого разреза обычно дает возможность установить стратиграфические единицы всех рангов: отделы, ярусы, подъярусы, свиты, толщи, пачки, зоны и т. д. На основании этих определений осуществляется корреляция разнофациальных осадков, как правило, на больших территориях. В некоторых случаях изучение органических остатков дает очень ценные сведения об условиях осадконакопления и фациальной природе отложений.

Каждой фациальной группе осадков свойствен свой комплекс органических остатков, характер их распределения и условия захоронения. Так, для отложений фации русловых отмелей рек, сложных гравелитов, крупно- и среднезернистыми песками, обычны крупные обломки древесины, иногда целые стволы деревьев, располагающихся длинными осями вдоль направления потока. Для песчаных частей отложений речных пойм характерны вертикально стоящие, иногда лежащие стволы деревьев, редко отпечатки листьев

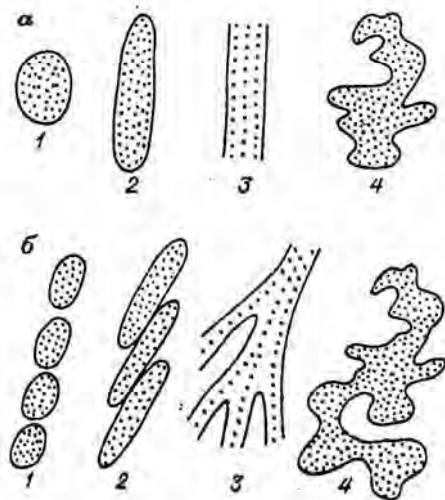


Рис. 80. Основные формы распределения песчаных тел по площади.

Песчаные тела: а - простые, б - сложные. 1 - изометрические; 2 - овальные; 3 - линейно-вытянутые; 4 - неправильные.

и стеблей плохой сохранности, для внутренних частей речной поймы и пойменных водоемов — многочисленные отпечатки листьев, иногда целых частей растений, изредка встречаются вертикально стоящие стебли. Дельтовые отложения характеризуются обилием мелкого обугленного растительного детрита, располагающегося по плоскостям напластования. К фациям вдольбереговых баров и мелководных частей шельфа приурочены толстостенные раковины главным образом пелеципод, различные зарывающиеся формы моллюсков, червей и других групп животных.

Однако в условиях бурения глубоких скважин с ограниченным отбором керна или без керна этот признак теряет свое первостепенное значение и может рассматриваться лишь как дополнительный. К этому необходимо добавить, что выделение песчаных тел возможно при очень дробной корреляции разрезов, позволяющей сопоставлять не только пачки и свиты, но выделять и коррелировать отдельные песчаные пласты, имеющие относительно небольшие мощности и залегающие в пределах одной пачки или свиты. В связи с этим даже такие группы, как аммониты и микрофауна, позволяющие проводить очень дробное расчленение на зоны, не всегда могут быть использованы для этих целей. Что же касается других органических остатков, имеющих более широкий стратиграфический диапазон (остатки растений, их споры, пыльца), то они вообще оказываются мало пригодными для детальной корреляции песчаных тел и определения последовательности их залегания в разрезе. При детальной корреляции разрезов по данным электрокаротажа региональные стратиграфические схемы могут быть использованы лишь как скелетная основа для построения более дробных локальных схем.

Состав пород. Изучение состава пород позволяет определять фациальную принадлежность и условия формирования осадка. Исследования производят путем описания отдельных обнажений, керн скважин и анализа отобранных образцов. Эти исследования требуют большого количества керн по всему изучаемому разрезу, но при ограниченном его отборе улавливать постепенные изменения состава пород и частую смену фаций оказывается невозможно, поскольку информация будет зависеть от места отбора керн. Однако каменный материал может быть использован как дополнительный, корректирующий непрерывную информацию, получаемую при анализе кривых самопроизвольной поляризации. Такая коррекция особенно важна в новых районах, где зависимость между характером изменения кривых ПС и литофизическими свойствами пород установлена недостаточно четко.

Процентное содержание песчаных пород. Отложения каждой фации характеризуются определенным процентным содержанием песчаных пород, обусловленным режимом осадконакопления. Так, отложения фаций русловых отmelей рек различного типа, осевых частей вдольбереговых и устьевых баров, промоин разрывных течений, сформированных в условиях высокой дина-

мической активности водной среды, отличаются высоким процентным содержанием песчаных осадков. Для фаций береговых валов, песков разливов, краевых частей вдольбереговых баров преобладающими являются средние гидродинамические уровни среды седиментации и соответственно меньший процент содержания песчаных пород. Для осадков фаций внутренних частей речных пойм, забаровых лагун и приморских болот, характеризующихся очень низкими гидродинамическими режимами, песчаные отложения либо отсутствуют, либо содержатся в минимальных количествах. Таким образом, после установления по данным каротажа пространственного размещения фаций этот признак может быть использован для прогнозирования песчаных пород-коллекторов на неразбуренных территориях.

Характер слоистости и другие особенности пород. Изучение характера слоистости позволяет качественно оценить гидродинамическую активность среды осадконакопления, а иногда и установить направление движения водного потока. Кроме того, исследуя слоистость, особенно в сочетании с другими признаками, можно получить дополнительный материал для определения фациальной природы формирования песчаных тел. Однако текстурные признаки, хотя и имеют важное значение для определения фаций в естественных обнажениях, все же не следует, как это иногда делается, рассматривать определяющим признаком фации, а лишь как отражение определенных условий седиментации. Проведенные исследования показали, что несмотря на различные фациальные условия при сходных палеогидродинамических обстановках будет формироваться и сходная слоистость. В связи с этим следует привести высказывание Э. И. Кутырева, который писал: «Не следует думать, что косая слоистость является универсальным признаком фаций, но не нужно впадать и в другую крайность: признавая ее большое значение для динамической палеогеографии, полностью отрицать ее фациальное значение» [1968 г., с. 104]. По-видимому, такая оценка этого признака является наиболее правильной.

Присутствие в отложениях некоторых фаций характерных пород, таких, как каменные угли, погребенные почвы и подпочвы, различные конкреции, туфы, прослойки и линзы галек, конгломераты, соли, ожелезненные глины, черные глины, обогащенные органикой, и т. д., которые формировались в специфических условиях, позволяет давать более полные описания фаций, чем это можно достичь с помощью электрокаротажных данных.

Направление падения косых слоёв к седиментационному простиранию. Ориентировка падений косых слоёв указывает направление движения водных масс, а последние всегда ориентированы определенным образом по отношению к седиментационному простиранию, которое, как правило, совпадает с положением береговой линии. Поскольку для каждой фации характерна определенная направленность падения косой

слоистости к береговой линии, то ориентировка косых слоев может служить дополнительным материалом для установления фаций и прогнозирования песчаных тел в пространстве. Так, например, падение косых слоев в русловых отмелях чаще всего будет располагаться перпендикулярно к береговой линии, а в береговых валах и песках разливов — параллельно ей. В отложениях вдольбереговых баров косые слои будут падать перпендикулярно к береговой линии (как в направлении к ней, так и от нее). Таким образом, мы рассмотрели диагностические признаки, которые позволяют устанавливать генезис отложений по электрометрическим моделям фаций. Определение фаций по их электрометрическим моделям в пределах узких интервалов прослеживания является первым этапом работ, необходимым для осуществления локального прогноза песчаных тел и связанных с ними литологических ловушек нефти и газа. Метод определения сводится к ряду операций, проводимых в определенной последовательности и направленных на установление подобий аномалий, которые выявляются на электрометрических разрезах, электрометрическим моделям фаций.

Прежде чем приступить к выделению фации в выбранном интервале электрометрического разреза, в его пределах устанавливаются аномалии различного знака, определяются участки, соответствующие осевым частям песчаных тел. Таким участкам соответствуют, как это уже отмечалось, наиболее мощные, четко выраженные аномалии, располагающиеся в зонах отрицательных отклонений. Зоны переходов песчаных осадков в глинистые обычно бывают выражены в электрометрических разрезах частым чередованием нечетко выраженных аномалий различного знака и характеризующихся небольшой шириной. Эти аномалии на первых этапах интерпретации разреза при наличии более крупных и более четко выраженных не анализируются. Выбранная в электрометрическом разрезе аномалия сравнивается с наиболее сходной по форме кривой ПС электрометрической моделью фации. В том случае, если это сходство подтверждается, анализируются отдельные определяющие признаки, которые дают возможность либо подтвердить, либо опровергнуть их сходство. В том случае, если сравнение подтверждается, анализируются аномалии, расположенные выше и ниже по разрезу, рассматриваются характеризующие и дополняющие диагностические признаки.

Таким образом, методика определения фаций по их электрометрическим моделям сводится к следующим операциям.

1. На электрометрических разрезах скважин устанавливаются положительные и отрицательные аномалии, выявляется их сходство с описанными моделями фаций.
2. При наличии сходства анализируются элементы аномалии и соответствующей ей электрометрической модели (кровельная, боковая, подошвенная линии, ширина аномалии),

3. Устанавливается максимальное значение Апс, его местоположение в пределах аномалии, направление уменьшения Апс и сравниваются с аналогичными признаками сходной электрометрической модели.

4. Определяется направленность процесса осадконакопления, изучаются покрывающие аномалии, отмечаются сходные по форме кривой электрометрические модели фаций. Рассматриваются отличительные признаки сходных между собой электрометрических моделей разных фаций.

5. Выявляется генезис покрывающих и подстилающих фаций. Устанавливаются генетические ряды фаций, цикличность процесса седиментации.

Определяющие диагностические признаки представляют собой, по существу, характеристику электрометрических моделей фаций. Характеризующие и дополняющие диагностические признаки отражают геологическую сущность фаций.

Ниже приводится описание диагностических признаков для каждой электрометрической модели фации, установленной в континентальных и прибрежно-морских обстановках осадконакопления.

Диагностика континентальных фаций

Группа фаций речных русел. Для группы фаций речных русел наиболее типичной электрометрической моделью, выраженной в формализованном виде, является четырехугольник (квадрат), иногда осложненный сверху прямоугольным треугольником. Эта группа объединяет электрометрические модели русловых отмелей спрямленных рек, равнинных меандрирующих и фуркирующих (горного типа) рек. К этой же группе отнесены дельтовые каналы и протоки, имеющие электрометрическую модель, близкую к модели русловых отмелей меандрирующих рек, а также песчано-галечниковые отложения, сформированные в руслах временных потоков, электрометрическая модель которых оказалась сходной с моделью русловых отмелей фуркирующих рек.

Остановимся на рассмотрении электрометрических моделей группы фаций речных русел и их диагностических признаков (рис. 81).

Фация русловых отмелей спрямленных и ограничено-меандрирующих рек. Для фаций русловых отмелей спрямленных и ограничено-меандрирующих рек электрометрическая модель представляет собой аномалию кривой ПС, имеющую вид четырехугольника и располагающуюся в зоне отрицательных отклонений. Ширина отдельных аномалий обычно от 15—20 до 40—50 м. Наибольшее отклонение Апс достигает 0,8—1,0. Кровельная линия чаще всего горизонтальная прямая или близкая к ней. Боковая линия, как правило, волнистая, но может быть прямой или зубчатой, последняя встречается реже. Подошвенная линия всегда горизонтальная прямая. Наибольшее отклонение

Обстановка осадконакопления	Комплекс фаций	Индекс группы фаций	Группа фаций	Формализованная электрометрическая модель группы фаций	Индекс фации	Файки	Знак отклонения кривой $\alpha_{ПС}$	Максимальное значение $\alpha_{ПС}$	Реальная электрометрическая модель фации	Характер элементов электрометрической модели фации			
										Кровельная линия	Боковая линия	Подшевная линия	Ширина аномалии $\alpha_{ПС}$, м
Континентальная	Аллювиальный	I	Речных русел		1	Русловых отелей спрямленных рек	-	1,0-0,8		Горизонтальная прямая	Вертикальная волнистая	Горизонтальная прямая	Единицы и десятки
					2	Русловых отелей равнинных меандрирующих рек	-	1,0-0,8		Наклонная прямая, волнистая или зубчатая	Вертикальная волнистая	То же	Десятки
					3	Русловых отелей равнинных фьюрирующих рек (горного типа) и временных потоков	-	1,0-0,6		Горизонтальная прямая	Вертикальная волнистая	То же	Единицы и десятки
	II	Речных воин (всех частях)		4	Береговых валов	-	0,6-0,5		Наклонная прямая, зубчатая или рассеченная	Отсутствует	То же	Единицы	
				5	Песчано-разливов	-	0,5-0,4		То же	То же	То же	То же	
				6	Дюны (поперечных изометрических и продольных)	-	$\leq 0,6$		Наклонная прямая или волнистая	Вертикальная прямая	То же	Единицы и десятки	

Рис. 81. Электрометрические модели песчаных тел-коллекторов фаций. Составил

кривой ПС характерно для самых нижних частей аномалий и фиксируется даже в том случае, когда боковая линия близка к вертикальной. Некоторое уменьшение значений $\alpha_{ПС}$ к кровле аномалии объясняется изменением размера обломочных частиц и увеличением содержания рассеянного глинистого вещества.

Большое значение при установлении генезиса осадка имеет выявление парагенетических связей рассматриваемой фации с покрывающими отложениями. Так, при трансгрессивном характере залегания русловые фации спрямленных и ограниченно-меандриру-

Положение максимального значения $\alpha_{ПС}$	Максимальная динамическая активность среды осадочника	Уменьшение значения $\alpha_{ПС}$	Вышеуказанные фации при залегании пород		Сходные электрометрические модели разных фаций	Отличительные особенности сходных электрометрических моделей разных фаций
			Трансгрессивном	Регрессивном		
По всей аномалии, но особенно в ее нижней части	1,0-0,8 (очень высокая)	↑	2,4,5,15,16,	3	2,3,10,12, особенно 12	От 2-наличия горизонтальной кровельной линии; от 3-слабой расчлененностью боковой линии; от 10-наличия боковой и горизонтальной кровельной линий; от 12-наличия горизонтальной подошвенной линии, лишенной осложнения
В нижней части	То же	↑	4,5	1,3,6	1,3,10,12, особенно 10	От 1,3-наклона кровельной линией; от 10-четко выраженной боковой и горизонтальной подошвенной линиями; от 12-наклона кровельной линией
По всей аномалии, но особенно в ее нижней части	То же	↑	1,2,4,5	Не отлагаются	1,2,10,12, особенно 12	От 1,2-интенсивно изрезанной боковой линией; от 2,10-наличия горизонтальной кровельной линии; от 12-большой ширины аномалии, горизонтальной подошвенной линией без дополнительных осложнений, в также иными перекрывающими фациями
В нижней части, резко выражено	0,6-0,4 (средняя)	↑	5,15,16	1,2	5,8	От 5-большими отклонениями $\alpha_{ПС}$, большей шириной аномалии; от 8-наличия горизонтальной подошвенной линии, меньшими значениями $\alpha_{ПС}$
То же	То же	↑	15,16	1,2,4	4, 9, 14, особенно 4	От 4-меньшей ширины аномалии, меньшими значениями $\alpha_{ПС}$; от 9,14-наличия горизонтальной подошвенной линии, меньшими значениями $\alpha_{ПС}$, иным сочетанием перекрывающих и подстилающих фаций
В нижней и средних частях слабо выражено	Зависит от силы и наблюдающего направления ветра	↑	14,15,16,19	1,2	2,10,12, особенно 10	От 2,10-меньшими значениями $\alpha_{ПС}$; отсутствием зубчатости и расчлененности кровельной и боковой линией; от 12-наличия горизонтальной подошвенной линии, лишенной осложнений

Рис. 82. Электрометрические модели фаций (определяющая группа признаков) континентальных

Рис. 82. Электрометрические модели фаций (определяющая группа признаков) континентальных. В. С. Муромцев.

ющих рек перекрываются пойменными фациями, которые вместе образуют стадии, ритмы, пачки ритмов. В ряде случаев русловые отложения спрямленных и ограниченно-меандрирующих рек бывают перекрыты фациями интенсивно-меандрирующих рек, переходящих в старицы. В случае регрессивного характера залегания образуются полиритмические песчаные толщи, сложенные преимущественно русловыми фациями, при этом отложения спрямленных и ограниченно-меандрирующих рек могут перекрываться осадками рек фьюриру-

ющего типа. Таким образом, последовательная смена электрометрических моделей отражает соответственно смену тех или иных конкретных фациальных условий и будет представлена совершенно определенными типами аномалий и их сочетаниями.

Спряmlенные и ограниченно-меандрирующие реки, обладающие повышенными скоростями течения, формируют изолированные линзообразно-изогнутые асимметричные одностороннезубчатые песчаные тела. Ширина песчаных тел измеряется сотнями и первыми тысячами метров (рис. 82).

По простиранию русловые отмели спряmlенных рек образуют изолированные линзовидно-изогнутые, иногда сложно построенные песчаные тела, имеющие в плане овальные очертания и располагающиеся в шахматном порядке вдоль палеорула реки.

Русловые отмели ограниченно-меандрирующих рек имеют линзообразно-вогнутые и четковидно-линзообразно-вогнутые продольные сечения. Песчаные тела, как правило, сложно построенные (вложенные), асимметричные, одно- или двустороннезубчатые. В плане они образуют широкие линейно вытянутые зоны. Песчаные тела, сформированные реками этого типа, сложены мелко-среднезернистыми песками, содержащими иногда линзы и прослойки грубозернистых песков, гравия и конгломератов. В основании песчаных тел обычны следы размыва. Органические остатки, как правило, отсутствуют. Очень редко встречаются обломки древесины. Слоистость косая мульдобразная. Падение косых слоев всегда перпендикулярно к простиранию береговой линии (седиментационному простиранию).

Фа́ция русловых отмелей равнинных интенсивно-меандрирующих рек. Отложения этой фации образуются в руслах равнинных меандрирующих рек при отшнуровывании меандр и превращении их в озера. Электрометрическая модель этой фации отличается от рассмотренной выше более сложным строением и представляет собой четырехугольник, осложненный сверху треугольником. Кровельная линия наклонная. Она отражает постепенное увеличение вверх по разрезу глинистого материала, накапливающегося после отшнуровывания меандра и превращения его в замкнутое озеро. Все остальные признаки, характерные для русловых отмелей рек, остаются неизменными. Таким образом, электрометрическая модель отражает резкое уменьшение размера обломочных частиц и увеличение рассеянного глинистого вещества вверх по разрезу, что связано с уменьшением палеогидродинамической активности водного потока.

При трансгрессивном залегании пород фации интенсивно-меандрирующих рек вверх по разрезу сменяются отложениями дельт или прибрежно-морскими фациями, а при регрессивном — фациями русловых отмелей спряmlенных или фуркирующих рек. Соответственно располагаются и электрометрические модели фаций, отражая смену условий осадконакопления.

Электрометрическая модель русловых отмелей интенсивно-меандрирующих рек сходна с моделями русловых отмелей спряmlенных и фуркирующих рек (см. рис. 81), а также с моделями некоторых прибрежно-морских фаций, и в частности вдольбереговых трансгрессивных баров (см. рис. 85). От модели русловых отмелей фуркирующих рек она отличается главным образом слабой расчлененностью боковой линии, от модели трансгрессивных баров — наличием вертикальной боковой и горизонтальной кровельной линий и большей шириной аномалии. От электрометрической модели фации промоин разрывных течений описываемая модель отличается большей шириной аномалии и значением А_{пс}, наличием четко выраженной горизонтальной подошвенной линии без осложняющих ее зубцов и сочетанием с электрометрическими моделями прибрежно-морских фаций, располагающихся выше и ниже по разрезу. Равнинные реки с замедленным течением и интенсивным меандрированием русла образовывали пластообразно-вогнутые симметричные двустороннезубчатые, иногда сложно построенные (вложенные или соприкасающиеся) песчаные тела. Ширина песчаных тел, оставляемых руслами, очень разнообразна. У крупных интенсивно-меандрирующих рек она может достигать десятков километров. Продольные сечения песчаных тел этого типа четковидно-линзообразно-вогнутые. В плане они имеют вид вытянутых полос или широких зон и могут проследиваться на очень большие расстояния. В качестве примера ископаемого русла равнинной реки можно привести песчаные отложения Ергень-реки, пересекавшей значительную часть Русской платформы в субмеридиональном направлении. Отложения равнинных интенсивно-меандрирующих рек занимают большие площади вследствие многократного блуждания русла в пределах аллювиальной равнины.

Русловые отмели на 80—60% сложены средне- и мелкозернистыми песками. В их подошве часто присутствуют линзы гравия и галька. Органические остатки, как правило, отсутствуют, редко встречаются обломки древесины. Слоистость косая однонаправленная мульдобразная (взаимосрезающаяся), причем размер косых серий постепенно уменьшается вверх по разрезу и в сторону припойменной части русловой отмели. Падение косых слоев всегда направлено вниз по течению древней реки, т. е. перпендикулярно к простиранию береговой линии (седиментационному простиранию).

По условиям формирования отложения меандрирующих рек и дельтовых каналов близки между собой, вследствие чего и, их электрометрические модели оказываются сходными по форме кривой ПС. Отличительным признаком электрометрической модели дельтовых каналов и проток может служить меньшая ширина аномалии.

Фа́ция русловых отмелей фуркирующих рек горного типа. Фуркирующий тип рек связан с горным ландшафтом, а переносимый ими материал представлен плохо отсортированными разнозернистыми песками, гравием, содержащим гальку

и обломки различных пород, в том числе окатыши и валуны глин. Неравномерное распределение в русловых отложениях глинистого материала и наличие крупных окатышей и обломков глин различной величины, а также разнородный минералогический состав пород с преобладанием неустойчивых породообразующих компонентов оказывают воздействие на характер кривой ПС. Вследствие этого боковая линия аномалии имеет расчлененный (заливообразный) или зубчатый вид, что является характерным признаком модели фации русловых отмелей фуркирующих рек. Подошвенная и кровельная линии горизонтальные. Ширина аномалии обычно 5—8 м. Значение Апс 1,0—0,6. Участок наибольшего отклонения кривой ПС расположен у подошвы аномалии. Динамическая активность среды седиментации, несмотря на ее высокий уровень в руслах рек этого типа, уменьшается вверх по разрезу. В связи с этим в этом же направлении происходит увеличение глинистости, однако наличие неравномерно расположенных окатышей глин нарушает общую картину распределения глинистого материала по разрезу. При трансгрессии русловые отмели фуркирующих рек перекрываются песчаными отложениями меандрирующих или спрямленных рек. При регрессии, т. е. при понижении базиса эрозии и усилении деятельности рек и временных потоков, происходит интенсивный размыв отложившихся ранее осадков и их снос в пониженные участки рельефа.

По форме кривой ПС модель фации рек фуркирующего типа наиболее близка к моделям спрямленных равнинных рек, вдольбереговых трансгрессивных баров и каналов разрывных морских течений. От электрометрической модели спрямленных равнинных рек она отличается интенсивно изрезанной боковой линией, от модели вдольбереговых трансгрессивных баров — горизонтальной кровельной линией, а от электрометрической модели фации промоин разрывных течений — большей шириной аномалии и горизонтальной подошвенной линией без дополнительных осложнений.

Для песчаных и песчано-галечниковых тел, сформированных реками фуркирующего типа, характерна линзовидно-вогнутая асимметричная одно- и двустороннезубчатая форма поперечных сечений. Сочетание нескольких простых песчаных тел, прилегающих друг к другу, образуют сложно построенные песчаные тела. Размер песчаных тел в их поперечном сечении достигает десятков и сотен метров. Продольные сечения этих тел чаще всего линзообразно-четковидно-вогнутые. Песчаные тела по простиранию могут протягиваться на многие километры. В плане они представляют собой линейно вытянутые, иногда ветвящиеся и сходящиеся полосы, занимающие по площади в общей сложности десятки квадратных километров. Слоистость косая мульдобразная, плохо заметная, чаще всего о ней можно судить по линзам галек и гравия. Общее направление падения косых слоев перпендикулярно к седиментационному простиранию пород.

Среди песчано-галечниковых осадков русловых отмелей фуркирующих рек иногда встречаются комлевые части крупных деревьев, а также крупные валуны, которые перемещались в периоды особенно сильных паводков.

Электрометрическая модель фаций временных потоков близка к модели рек фуркирующего типа, в связи с чем она нами специально не рассматривалась. Сходство этих моделей объясняется близкими гидродинамическими условиями осадконакопления, существующими в руслах фуркирующих рек и временных потоков.

Таким образом, мы рассмотрели электрометрические модели основных фаций главных типов рек. Установленные для них диагностические признаки позволяют уверенно восстанавливать по данным электрометрии типы речных русел и особенности условий осадконакопления в них. Однако необходимо иметь в виду, что в пределах одной речной системы на ее различных участках могут встречаться различные типы русел в зависимости от особенностей рельефа, климата и геологического строения территории. Смена типов речных русел может происходить и на одном и том же участке в течение длительного (геологического) отрезка времени. В качестве примера могут быть приведены исследованные нами ископаемые русла юрской реки на Мангышлаке, в районе Тынымбая (рис. 8).

В течение ааленского века одна и та же река, видимо, неоднократно переходила от одного типа к другому: от интенсивно-меандрирующей к ограниченно-меандрирующей, а затем к фуркирующей. Это обстоятельство следует учитывать при реконструкции древних речных систем, которые реагировали даже на небольшие изменения палеогеографических обстановок.

Группа фаций внешней (песчаной) части речных пойм. Отложения этой группы фаций представлены песчаными осадками. Электрометрическая модель в формализованном виде представляет собой прямоугольный треугольник, расположенный в зоне отрицательных отклонений ПС. В группу входит фация береговых валов и фация песков разливов (рис. 81).

Фация береговых валов. Осадки этой фации ограничивают внешний край речной поймы, отделяя ее от русловых отложений. Электрометрическая модель берегового вала представляет собой вытянутый прямоугольный треугольник, образованный наклонной кровельной, зубчатой, или расщепленной, и прямой горизонтальной подошвенной линиями и располагающийся своим острым углом в зоне отрицательных отклонений ПС. Максимальное значение Апс, достигающее 0,6—0,5, приурочено к нижней части аномалии, с уменьшением динамической активности водной среды количество глинистого материала вверх по разрезу увеличивается. Ширина отдельных аномалий невелика (5—8 м), но для сложно построенных песчаных тел она может увеличиваться до 10—30 м и более.

Береговые валы при трансгрессии покрываются отложениями фации песков разливов или глинистыми осадками поймы. При ре-

грессии они залегают на песках русловой отмели и настолько тесно с ними связаны, что их можно различить с большим трудом.

Отложения береговых валов крупных рек представлены мелкозернистыми песками. Наиболее грубые разности, приуроченные к нижней части вала, формировались в относительно высоких гидродинамических условиях. Подошва вала резкая, горизонтальная, без следов размыва, верхняя поверхность выпуклая. Электрометрическая модель береговых валов наиболее сходна с моделью фации песков разливов и отличается от нее несколько большей шириной аномалии и большими значениями Апс. От электрометрических моделей фаций морских пляжей и прибрежных валов она отличается наличием горизонтальной подошвенной линии и меньшими значениями Апс. Кроме того, описываемая электрометрическая модель никогда не встречается в сочетании с моделями морских фаций. Поперечное сечение песчаного тела, образованного береговым валом, линзовидно-выпуклое асимметричное одностороннезубчатое, ширина его измеряется десятками метров. В продольном сечении оно пластообразно-выпуклое. Протяженность валов вдоль русел колеблется в широких пределах от сотен до тысяч метров. В плане это узкие, линейно вытянутые, редко овальных очертаний песчаные тела, занимающие площадь до десятков квадратных километров. Пески, слагающие береговые валы, косослоистые, падение косых слоев перпендикулярно к направлению русла реки и параллельно седиментационному простиранию. Органические остатки в песках отсутствуют.

Фа́ция песков разливов. Электрометрическая модель фации песков разливов представляет собой группу аномалий, каждая из которых обладает небольшой шириной и имеет вид треугольника, расположенного в зоне значений Апс, равных 0,5—0,4. Кровельная линия наклонная; подошвенная горизонтальная, прямая; наибольшие отрицательные отклонения кривой ПС отмечаются в нижней части аномалии. Для этой фации, так же как для всех речных отложений, характерно расположение более крупнозернистых осадков в нижней части песчаного тела. Вверх по разрезу размерность обломочных частиц несколько уменьшается.

При трансгрессивном залегании отложения этой фации перекрываются осадками внутренней части поймы, в случае регрессивного залегания — фациями береговых валов и русловыми отложениями меандрирующих рек либо вообще уничтожаются. Появление электрометрических моделей этих фаций служит прямым признаком, указывающим на скорое выклинивание песчаных осадков и замещение их глинистыми породами. По типу электрометрической модели эта фация имеет наибольшее сходство с фацией береговых валов, от которой отличается меньшей шириной отрицательных аномалий, меньшими значениями Апс, характерным групповым развитием и положением в генетическом ряду фаций. От вдольбереговых регрессивных баров, береговых валов и гребнем штормовых волн модель этой фации отличается резко выражением горизон-

тальной подошвенной линией, меньшими значениями Апс и иным сочетанием моделей покрывающих и подстилающих фаций.

Песчаные тела фации песков разливов в поперечном сечении представляют собой линзообразно-вогнутые резко асимметричные образования, у которых ширина во много раз превышает их мощность. Так, мощность их чаще всего равняется 1—3 м, а ширина достигает нескольких сотен метров. Верхняя и нижняя границы резкие, без следов размыва. В продольном сечении это пологие линзообразно-выпуклые образования протяженностью в сотни и тысячи метров. Занимаемые этими телами площади (от единиц до десятков квадратных километров) имеют овальные очертания, располагаясь вдоль русла реки. Песчаные тела образованы мелкозернистыми глинистыми песками и тонко-косослоистыми алевролитами. Падение косых слоев веерообразное по отношению к береговой линии (седиментационному простиранию).

Группа фаций внутренней (глинистой) части речных пойм. Отложения этих фаций представлены почти исключительно глинистыми осадками пойменных водоемов (озер, болот), чередующихся с почвами и подпочвами. Электрометрическая модель этой группы пойменных фаций в формализованном виде представляет собой четырехугольник, расположенный в зоне положительных отклонений кривой ПС и осложненный в своей нижней части треугольником. В группу входят фация временно заливаемых участков поймы и фация пойменных озер и болот (рис. 83).

Фа́ция временно заливаемых участков поймы. Отложения этой фации накапливались на участках пойм, временно заливаемых полыми водами и осушавшимися в меженные периоды. На них формировались алевролитоглинистые отложения с прослоями почв и подпочв.

Электрометрическая модель этой фации представляет собой треугольник, расположенный в зоне положительных отклонений кривой ПС. Он образован горизонтальной кровельной линией, и наклонной интенсивно расчлененной подошвенной. Наибольшее значение Апс < 0,4 отмечается в подошве аномалии, свидетельствует о низкой гидродинамической активности среды седиментации. Ширина аномалии от нескольких метров до первых десятков метров. При трансгрессивном залегании глинистые отложения речной поймы были перекрыты аналогичными образованиями других стадий реки, а также осадками приморских болот и забаровых лагун, а при регрессивном залегании размывались руслами рек более поздних стадий или перекрывались осадками песчаной части поймы.

Наибольшее сходство отмечается с электрометрической моделью фации пойменных озер и болот, от которой отличается отсутствием боковой линии и большей изрезанностью подошвенной линии, от модели фации приморских болот отличается отсутствием горизонтальной подошвенной линии, от модели фации забаровых лагун — отсутствием боковой линии и наличием наклонной подошвенной линии, а также иными перекрывающимися фациями.

Обстановка осадконакопления	Имя фации	Индекс группы фации	Группа фации	Формализованная электрометрическая модель группы	Индекс фации	Фация	Знак отклонения кривой $\alpha_{ПС}$	Максимальное значение $\alpha_{ПС}$	Реальная электрометрическая модель фации	Характер элементов электрометрической модели фации			
										Кровельная линия	Боковая линия	Подовшенная линия	Ширина аномалии ПС, м
Континентальная	Аллювиальной	II	Речных пойм (внутренняя часть)		15	Временно заливаемых участков пойм	+	$\approx 0,4$		Горизонтальная прямая	Отсутствует	Наклонная, зубчатая или рассеченная	Единицы
					16	Пойменных озер и болот	+	$\approx 0,2$		То же	Вертикальная прямая	Наклонная, зубчатая	То же
Морская	Прибрежно-морской	IV	Приморских болот		17	Приморских болот (маршей, лайд и др.)	+	$\approx 0,4$		Наклонная, зубчатая или рассеченная	Отсутствует	Горизонтальная прямая	То же
		V	Забаровых лагун, вдольбереговых промывных		18	Забаровых лагун и вдольбереговых промывных	+	$\approx 0,4$		Наклонная прямая или зубчатая	Вертикальная прямая или волнистая	То же	То же
	VII	Мелководного шельфа		19	Открытого моря и крупных морских заливов	+	$\approx 0,2$		Горизонтальная прямая	То же	То же	Десятки, первые сотни	

Рис. 83. Электрометрические модели глинистых отложений и прибрежно-морских фаций.

Пространственное размещение отложений фаций временно заливаемых участков поймы не имеет четко выраженных форм (рис. 84) и зависит от рельефа и занимаемой площади, границы которой, как правило, не бывают четкими. В пределах речных пойм глинистые образования чаще всего имеют четковиндно-линзообразно-вогнутое поперечное сечение, обусловленное тем, что глинистые осадки выполняли пониженные участки рельефа поймы. Ширина этой части поймы очень разнообразна — от единиц до десятков километров. Продольные сечения не отличаются от поперечных, кроме протяженности, которая может достигать десятков и сотен километров. Площадь, занимаемая отложениями этой фации, охватывает сотни и тысячи квадратных километров и представляет собой вытянутые вдоль речного русла зоны неправильных очертаний. Отложения представлены темно-серыми ли черных, тонкогоризонтальнослоистыми глинами с прослоями алевролитов и гли-

Положение макс. значения $\alpha_{ПС}$	Максимальная динамическая активность среды седиментации	Уменьшение значения $\alpha_{ПС}$	Вышеэлежние фации при залежании пород		Сходные электрометрические модели разных фаций	Отличительные особенности сходных электрометрических моделей разных фаций
			Трансгрессивном	Регрессивном		
В нижней части	0,4-0,2 (низкая)	↑	16,17,18	1,2,4,5	16,17,18, особенно 16	От 16—отсутствием боковой линии и большей расчлененностью подошвенной линии; от 17—наличием горизонтальной кровельной и наклонной подошвенной линии; от 18—отсутствием боковой линии и наличием горизонтальной кровельной и наклонной подошвенной линии;
То же	0,2-0 (очень низкая)	↑	17, 18	1,2,4,5	15,17,18, особенно 15	От 15—наличием боковой линии; от 17—наличием боковой линии, горизонтальной кровельной и наклонной подошвенной линии; от 18—наличием горизонтальной кровельной и наклонной подошвенной линии
В верхней части	0,4-0,2 (низкая)	↓	8,18	1,2	15,16,18,19, особенно 18	От 15-16—наличием минимальных значений $\alpha_{ПС}$ в нижней части аномалии, наличием горизонтальной подошвенной линии; от 18,19—отсутствием боковой и большей расчлененностью кровельной линии
То же	То же	↓	10,14,19	1,2,7,8,17	16,17, особенно 17	От 16—наличием горизонтальной подошвенной линии и расположением минимальных значений $\alpha_{ПС}$ в нижней части аномалии; от 17—наличием боковой линии
По всей аномалии	0,2-0 (очень низкая)	↓	Карбонатные отложения	9,12,13,14 и др.	16,18	От 16, 18—наличием горизонтальной подошвенной и горизонтальной кровельной линий соответственно

экрания (определяющая группа признаков) континентальных Составил В. С. Муромцев.

нистых мелкозернистых песков. Песчаный материал в осадках глинистых пойм обычно не превышает 20%. Залегая друг на друге, пласты пойменных глин образовывали при определенных условиях мощные глинистые толщи, принадлежале разным стадиям и ритмам.

Фация пойменных озер и болот. Отложения этой фации формировались в водоемах, сохранявшихся после ухода паводковых вод в низменных участках поймы в виде озер и болот. В этих водоемах накапливались преимущественно глинистые осадки, образовывались торфяники, линзы и прослои каменных углей. Эти отложения занимают ограниченные участки обычно изометрической формы. Электрометрическая модель этой фации представлена сложно построенной аномалией, расположенной в зоне положительных отклонений ПС. Она образована четырехугольником, осложненным снизу треугольником. Максимальное отклонение кривой на-

Имя фации	Фация	Морфология глинистых отложений-экранов				Органические остатки	Содержание глинистых пород, %	Характерные особенности пород	Характер сложения
		Поверхнее сечение		Продольное сечение					
		Форма	Ширина, км	Форма	Протяженность, км				
15	Временные замкнутые участки поймы	Линзообразно-четковыделенная, выгнутая, ассиметричная	Десятки	Линзообразно-выгнутая	Десятки	Следы вертикально стоящих растений, отпечатки листьев, споры, пыльца	Глины темно-серые до черных с прослоями ам, светло-серых злеоро-лилов. почв. иногда глинистая делая	Несовокупная и горизонтальная то-кая	
16	Пойменные озера и болота	Линзообразно-выгнутая, ассиметричная	Единицы	Линзообразно-выгнутая	Единицы и десятки	Вертикально стоящие растения, споры, углистые отпечатки, углекислая известь, торф, часто выделяющая комковатая	Горизонтальная, пологоволнистая, несовокупная, торфяная, выделяющая комковатая		
17	Приморские болота (маршевые и др.)	То же	Единицы и десятки	Линзообразно-выгнутая	Десятки	Обрывки растений, вертикально стоящие стволы деревьев, отпечатки листьев, споры, углистые отпечатки, углекислая известь, торф, часто выделяющая комковатая	Горизонтальная, линзообразная, несовокупная, комковатая и латунистая		
18	Забаровых лагунах и вдольбереговых гаванях	То же	Десятки	То же	Десятки и сотни	Зеркальные, ледя флуида, следы вертикально стоящих растений, отпечатки листьев, споры, углистые отпечатки, углекислая известь, торф, часто выделяющая комковатая	Глины серые, темно-серые с прослоями черных глина, иногда глина ила белая		
19	Открытого моря и мелководных морских заливов	Плоскообразно-выгнутая	Сотни и тысячи	Плоскообразно-выгнутая	Сотни и тысячи	Делогалинная флуида	Глины серые, зеленоватые, серые, маршевые	Горизонтальная, тонкая и очень тонкая, разлитая	

Рис. 84. Морфология и состав глинистых отложений-экранов (характеризующая и дополняющая группы признаков) континентальных и прибрежно-морских фаций. Составил В. С. Мурощев.

ходится в нижней части аномалии. Кровельная линия прямая горизонтальная; боковая вертикальная, волнистая, реже зубчатая; подошвенная наклонная, зубчатая. Ширина аномалии достигает десятков метров, особенно при слиянии пойменных глин. Накопление глин происходило в условиях низкой гидродинамической активности водной среды, причем наибольшая относительная активность наблюдалась в начале их формирования, вследствие чего в их нижней части содержится алевроитовый материал, а верхняя часть представлена чистыми глинами. При трансгрессивном характере залегания пойменные глины перекрывались песками разливов или отложениями приморских болот, при регрессивном — подвергались размыву руслами рек.

Наибольшее сходство модель этой фации имеет с моделью фации временно заливаемых участков пойм, а также с "моделями приморских болот, забаровых лагун и вдольбереговых промоин. От первых она отличается наличием боковой линии, меньшей ее изрезанностью, от остальных — наличием горизонтальной кровельной линии.

Глинистые отложения пойменных озер и болот имеют локальное развитие. Форма их поперечного и продольного сечений линзообразно-выгнутая. Как вкрест простирания, так и по простиранию они могут протягиваться на десятки километров. Занимаемая ими площадь охватывает десятки квадратных километров. В плане они образуют участки овальной, вытянутой или неправильной формы. Органические остатки встречаются в большом количестве: это главным образом вертикально стоящие окаменелые стволы деревьев, остатки стеблей травянистых растений, отпечатки листьев, споры, пыльца. Содержание алевроитовых пород до 10%, редко более. Наиболее типичными породами являются темно-серые до черных, иногда темно-коричневые, глины горизонтально- и пологоволнистые, линзы торфа, прослои и слои углей, углистые глины, погребенные почвы и подпочвы.

С отложениями древних рек связаны многочисленные скопления углеводородов в ловушках литологического типа. Впервые погребенная речная долина, выполненная песками, содержащими нефть и газ, обнаружена в 1910 г. И. М. Губкиным в отложениях майкопской свиты Ширванского района. Этот тип залежей был назван им рукавообразным. В настоящее время в СССР известен целый ряд залежей структурно-литологического, литологического и стратиграфического типов, приуроченных к осадкам, образованным русловыми песками палеорек. Среди них следует упомянуть залежи, известные на Запруднинском и Криволукском месторождениях Куйбышевского Поволжья (рис. 1), связанные с палеоруками равнинных меандрирующих рек; Войвожское месторождение в Тимапо-Печорской нефтегазосной провинции, образованное, по-видимому, отложениями фуркирующей реки; Шаимское месторождение в Западной Сибири, породы-коллекторы которого представляют собой, вероятно, отложения пролювиального типа и целый

ряд других залежей углеводородов, связанных с осадками палеорек и временных потоков.

Многочисленные месторождения нефти и газа, связанные с русловыми отложениями древних рек, известны за пределами СССР, главным образом на территории США и Канады. Так, в Западной Небраске (Деноверский бассейн, США) обнаружено погребенное русло реки равнинного типа, описанное Ф. А. Экзумом и И. К. Хармсом [Exum F. A., Harms I. C., 1967 г.]. Это русло, прорезающее морские отложения мелового возраста, прослежено на 40 км. Ширина его 450—700 м, а мощность заполняющих песков 12—15, иногда 23 м. В отложениях этого русла выявлено семь месторождений, связанных с залежами литологического типа. В бассейне р. Паудер-Ривер (штат Вайоминг, США), по данным Р. Р. Берга [Berg R. R., 1968 г.], обнаружено русло меандрирующей реки мелового возраста, выполненное песчаниками, известными под названием Фолл-Ривер. Эти песчаники, представляющие собой осадки прирусловых отмелей, имеют мощность до 35—45 м и содержат ряд нефтяных месторождений, наиболее крупными из которых считаются Койот-Крик и Миллер-Крик. В долине р. Кеттл-Велли (штат Юта, США), к югу от г. Феррон, Е. Коттером [Cotter E., 1971 г.] было описано погребенное русло, выполненное мелкозернистыми песчаниками, получившими название «ферронских песков», а само русло по имени этих песков — Ферронская палеорека. Это русло, имеющее ширину 3 км, было прослежено на 32 км. Мощность песков 10—15 м. К пескам приурочены скопления нефти и газа. В Северо-Западной Монтане Ю. В. Шелтоном [93] были изучены песчаники Кат-Банк, выполняющие русло меандрирующей реки и содержащие нефтяные и газовые месторождения.

Перечень ископаемых рек, к русловым отложениям которых приурочены нефтяные и газовые месторождения, может быть продолжен [7, 34, 40, 68]. Однако и приведенных примеров, как нам кажется, вполне достаточно, чтобы показать, что отложения древних рек, содержащие нефть, не представляют собой исключения. Известны нефтяные месторождения и в отложениях, образованных временными потоками и конусами выноса. По данным И. С. Кроувела, В. Б. Булла, Ф. Д. Макки, Р. С. Селли и Р. Ромейрола к ним относятся так называемые «нубийские пески», имеющие широкое развитие в Северной Африке. Эти отложения, достигающие мощности первых сотен метров, представлены песками с прослоями галечников и содержат ряд нефтяных и газовых месторождений, сосредоточенных главным образом на территории Ливии.

Кроме аллювиальных и пролювиальных фаций залежи нефти и газа в структурно-литологических и литологических ловушках бывают связаны с комплексом золотых фаций, формирующихся в континентальной обстановке осадконакопления как на песках аллювиального, так и морского генезиса.

Группа золотых фаций. Отложения этих фаций развиты в пустынных областях, по берегам крупных рек и морей. Необходимым

условием их формирования является наличие большого количества песчаного материала и сильных воздушных течений, действующих в более или менее постоянных направлениях. Наибольшее развитие золотые фации имеют в пустынных районах, где они занимают большие территории. Однако источником песчаного материала пустынь чаще всего являются мелководно-морские и аллювиальные пески. Сведения о современных и ископаемых золотых песках можно найти в работах В. И. Попова [1950 г.], А. В. Сидоренко [1957 г.], Р. Градзинского, А. Костека, А. Родомского, Р. Унруга [92] и других.

Золотые фации в ископаемом состоянии сохраняются довольно редко и при исключительно благоприятных условиях. Это обычно связано с быстрым захоронением древних котловин, выполненных золотыми песками. Чаще всего золотые отложения подвергаются размыву водами трансгрессирующих морей и оказываются переработанными. Этим объясняется слабая изученность этих осадков в ископаемом состоянии, что в свою очередь не позволяет разработать критерии для выделения золитов в скважинах.

Дюны представляют собой песчаные валы, имеющие различную высоту и конфигурацию. Их форма и расположение на поверхности зависят от силы и направления господствующих ветров, а также от количества приносимого песчаного материала. Дюны являются формами золотой аккумуляции. По данным Р. Градзинского, А. Костека, А. Родомского, Р. Унруга [92] среди них различаются три основных типа: поперечные (барханы), продольные (сейфы) и звездообразные или пирамидальные. Барханы имеют серповидную форму, выпуклостью они направлены к ветру, а рогами в подветренную сторону. По данным указанных авторов барханы образуются при ламинарном воздушном потоке, идущем в одном направлении, и умеренном поступлении песчаного материала. Отдельные барханы могут сливаться краями, образуя поперечные гребни. К продольным дюнам, широко развитым в ряде пустынь, и особенно в Сахаре, относятся длинные, относительно узкие песчаные гребни, располагающиеся вдоль доминирующих сильных турбулентных воздушных потоков, при обильном поступлении песчаного материала. И наконец, их третья разновидность — пирамидальные или звездообразные дюны — образуются при разнонаправленных воздушных потоках и представляют собой песчаные тела изометрических очертаний. Для всех этих образований, отмечают указанные выше исследователи, характерно некоторое уменьшение размеров обломочных частиц вверх по разрезу. Это связано с тем, что под воздействием ветра мелкие зерна выдуваются с вершин дюн и уносятся ветром, а более крупные скатываются к подножию подветренного склона. В связи с ограниченным развитием этих отложений в юрской продуктивной толще Мангышлака нам не удалось провести ил детальное изучение.

Электрометрическая модель фации дюн осталась окончательно неустановленной, предположительно она имеет очертания четырех-

угольника, осложненного сверху треугольником. Аномалия располагается в зоне отрицательных отклонений кривой ПС, значение Апс достигает 0,6. Кривельная линия прямая, круто наклонена. Она плавно переходит в вертикальную прямую боковую линию. Подошвенная линия горизонтальная прямая. Наибольшее отклонение кривой ПС приурочено к нижней части аномалии. Ширина аномалии может исчисляться как метрами, так и десятками метров (30 м). При трансгрессивном залегании фации дюн перекрываются глинистыми осадками речных пойм или морских заливов, при регрессивном - русловыми фациями. Форма электрометрической модели фации дюн близка к моделям фаций русловых отмелей равнинных рек, переходящих в старичные озера и фации промоин разрывных течений. Отличительными признаками служат меньшие значения Апс, отсутствие зубчатости на боковой линии и наличие горизонтальной подошвенной линии, лишенной осложнений. Большое сходство рассматриваемая модель имеет и с моделью фации вдольберегового трансгрессивного бара, от которой отличается значением Апс и характером подстилающих и покрывающих фаций. В целом же эти модели очень сходны между собой и даже могут переходить друг в друга, поскольку при осушении баровых песков последние подвергаются развеиванию и образуют гряды дюн,двигающихся в глубь суши.

В поперечном сечении дюны имеют линзообразно-выпуклую асимметричную (барханы) или симметричную (сейфы) форму. Ширина их колеблется от сотен до тысяч метров. В продольном направлении барханы и пирамидальные дюны имеют линзообразно-выпуклое, а сейфы - четковидно-линзообразно-выпуклое сечение. Первые прослеживаются на сотни метров, вторые образуют в пустынях песчаные гряды, протягивающиеся на десятки и даже сотни километров (200 км). Площади, занимаемые поперечными, продольными и изометрическими дюнами, колеблются в значительных пределах: от десятков до сотен квадратных километров. Дюны могут как образовывать изолированные песчаные тела, так и формировать целые толщи, достигающие мощности 300 м. Примером мощных древних золотых образований могут служить юрские песчаники Новачо, развитые в пределах плато Колорадо в США [Stokes W. Z., 1961 г.; Baarg D. L., 1961 г.]. В пустыне Сахара некоторые современные дюны также достигают высоты 300 м [34].

Отложения дюн представлены мелкозернистыми хорошо отсортированными песками, имеющими крупную косую слоистость. Угол падения косых слойкой на подветренных склонах дюн достигает 20-35°. Пески, слагающие дюны, кварцевые с характерной матовой поверхностью зерен, обусловленной истиранием их друг о друга при перемещении [58]. Цемент отсутствует или представлен химическими соединениями. В дюнных песках не встречаются маркирующие горизонты, фауна, глины, угли. Характерна различная окраска песков (от белых до оранжевых), вызванная окислением железистых соединений. Подошва дюнных песков резкая, со стратиграфическим

или угловым несогласием. Все эти признаки являются типичными для эолитов. Эоловые отложения при перекрытии их породами, обладающими экранирующими свойствами, представляют собой хорошие ловушки, с которыми связаны крупные скопления углеводородов. В качестве примера могут быть приведены красноцветные песчаники нижней перми, слагающие свиту Ротлигенд, развитую в Северо-Западной Европе и Северном море. К этой свите приурочены крупные газовые месторождения, как Гронинген на севере Нидерландов и Индефатигабл, Летан, Уэст-Соул, находящиеся в море недалеко от побережья Восточной Англии [Glennie K. W., 1972 г.]. По-видимому, к эоловым отложениям относятся нижнетриасовые песчаники, развитые в северо-западной части Алжирской Сахары. В 800 км к юго-востоку от Орана в них было обнаружено два газовых месторождения: Хаси-Рмель и Худ-Беркауи [Ali O., 1973 г.].

Диагностика морских фаций

В прибрежных частях морских бассейнов преобладающими являются песчаные осадки, накапливаемые в различных фациальных условиях. Особенностью их накопления служит то обстоятельство, что аккумуляция происходит вдоль береговой линии в относительно узкой прибрежной зоне. Формирование песчаных осадков осуществляется путем разноса обломочных частиц, поступающих с суши, вдоль береговых линий и привноса их волнами с более глубоких участков морского дна. Поскольку деятельность волн распространяется на большие участки побережья, песчаные тела одновременно формируются вдоль значительных участков морских берегов. Наибольшее накопление песчаного материала, как это было показано выше, происходит в устьях рек (устьевые бары), вдоль морских берегов в районе выхода волн на мелководье, в зоне их разрешения (вдольбереговые валы, бары) и в зоне выхода волн на берег (пляж). По мере роста подводного песчаного тела и приближения его к водной поверхности воздействие волн возрастает, а следовательно, происходит постепенное нарастание гидродинамической активности среды осадконакопления, что в свою очередь приводит к отложению более крупных частиц вверх по разрезу песчаного тела.

В связи с этим и электрометрические характеристики песчаных тел, формировавшихся в морских условиях, в частности, как это было показано Г. С. Вишером для отложений морских баров [97], будут в большинстве случаев принципиально отличаться от характеристик тел, сформированных в континентальных условиях.

Группа фаций устьевых баров, пляжей и приморских болот. Отложения этих фаций формировались на стыке морской и континентальной обстановок осадконакопления. Так, фация устьевых баров, образующихся в устьях впадающих в море рек, формирова-

Обстановка осадочного комплекса	Комплекс фаций	Индекс группы фаций	Група фаций	Формализованная электрометрическая модель группы фаций	Индекс фации	Фация	Знак отклонения кривой $\alpha_{ПС}$	Максимальное значение $\alpha_{ПС}$	Реальная электрометрическая модель фации	Характер элементов электрометрической модели фации				
										Кровельная линия	Боковая линия	Подшовенная линия	Ширина аномалии ПС, м	
Морская Прибрежно-морской	IV	Устьевых баров и пляжей		7	Устьевых баров	-	0,8-0,6		Наклонная прямая, волнистая или зубчатая	Вертикальная волнистая	Наклонная прямая или зубчатая	Единицы и десятии		
					Пляжей	-	1,0-0,8		Горизонтальная прямая	Отсутствует	Наклонная, зубчатая или рассеченная	Единицы		
		V	Вдольбереговых баров		9	Вдольбереговых баров (регрессивных) и прибрежных валов	-	1,0-0,8		То же	То же	Наклонная зубчатая	Единицы и десятии	
						Вдольбереговых баров (трансгрессивных) и прибрежных валов	-	1,0-0,6		Наклонная зубчатая	То же	Горизонтальная, иногда осложнена зубчатостью	То же	
						Барьерных островов	-	1,0-0,8		Горизонтальная прямая	Вертикальная волнистая	Наклонная волнистая или рассеченная	Десятки и верные сотни	
		VI	Разрывных течений		12	Промок разрывных течений	-	0,8-0,6		То же	Вертикальная волнистая или зубчатая	Горизонтальная прямая, осложнена зубчатостью	Единицы и десятии	
						13	Головных частей разрывных течений	-	0,8-0,6		Наклонная прямая, зубчатая или рассеченная	Отсутствует	Наклонная прямая, зубчатая или рассеченная	То же
						14	Гребней штормовых волн и врывных течений	-	0,6-0,5		Горизонтальная прямая	То же	То же	То же
	VII	Мелководного шельфа	0,5		0,5		Горизонтальная прямая	То же	То же	То же				

Рис. 85. Электрометрические модели песчаных тел-коллекторов
Составил

Положение максимального значения $\alpha_{ПС}$	Максимальная динамическая активность среды седиментации	Уменьшение значения $\alpha_{ПС}$	Вышележащие фации при залежании пород		Сходные электрометрические модели разных фаций	Отличительные особенности сходных электрометрических моделей разных фаций
			Трансгрессивном	Регрессивном		
В средней части	0,8-0,6 (высокая)		18,19	1,2,17	2,12,13 особенно 13	От 2, 12-отсутствием горизонтальных кровельной и подошвенной линий, расположением максимальных значений $\alpha_{ПС}$ в средней части аномалии; от 13-наличием боковой линии
В верхней части	1,0-0,8 (очень высокая)		10,18	1,2,6	9	От 9-меньшей шириной аномалии $\alpha_{ПС}$
То же	То же		13,14,19	8,12,18	8,11,14, особенно 11	От 8-большой шириной аномалии $\alpha_{ПС}$; от 11-отсутствием боковой линии и меньшей шириной аномалии ПС; от 14-величиной максимального $\alpha_{ПС}$
В нижней части	То же		13,14,19	6,17,12,18	2,6, особенно 2	От 2-отсутствием боковой линии; от 6-отсутствием боковой линии и наличием зазубря на кровельной линии
В верхней и средней частях	То же		11,14,18,19	6	7,10, особенно 10	От 7-наличием горизонтальной кровельной линии; от 10-наличием боковой линии большей шириной аномалии $\alpha_{ПС}$
Слабо выражено в нижней части аномалии	0,8-0,6 (высокая)		10,14,19	8,18	1,2,10,11, особенно 1	От 1,2-осложнением подошвенной линии; иной последовательностью вышележащих фаций; от 10-наличием горизонтальной кровельной линии; от 11-наличием горизонтальной подошвенной линии и меньшей шириной аномалии $\alpha_{ПС}$
В средней части	То же		14,19	9,12,18	7	От 7-отсутствием боковой линии
В верхней части	0,6-0,4 (средняя)		19	7,9,12,13	5,8, особенно 8	От 5-наличием наклонной подошвенной линии; от 8-меньшими значениями $\alpha_{ПС}$

(определяющая группа признаков) прибрежно-морских фаций.
В. С. Муромцев.

лась под воздействием как морских, так и континентальных (аллювиальных) условий, что находит свое отражение на электрометрических моделях. Отложения пляжей накапливались в условиях волновой деятельности при возвратно-поступательном движении водных масс. Образование болотных отложений происходило на приморских равнинах близ границы суши и моря за счет периодического увлажнения пониженных ее участков в периоды приливов и развития там влаголюбивой растительности. Несмотря на то что накопление этих отложений происходило в континентальной обстановке, тесная парагенетическая связь их с окружающими осадками прибрежного мелководья позволяет отнести их к прибрежно-морским фациям.

Фация устьевых баров. Устьевый бар сложен песками, отложившимися в водном бассейне в районе устья реки. Электрометрическая модель этой фации представлена сложно построенной аномалией, состоящей из двух треугольников и четырехугольника, образующих трапецию. Аномалия располагается в зоне отрицательных отклонений кривой ПС. Кровельная и подошвенная линии наклонные прямые либо волнистые или зубчатые. Боковая линия вертикальная прямая, иногда волнистая. Ширина аномалии обычно составляет десятки метров. Наибольшее отрицательное отклонение кривой характерно для средней части аномалии и занимает не менее одной трети ее ширины. Энергетические уровни водной среды, в которой формировались осадки, меняются от низких в начале к высоким в середине и снова к низким в конце формирования песчаного тела бара. Наименьшее количество глинистого вещества отмечается в средней части бара и увеличивается к его кровле и подошве. При трансгрессии над фациями устьевых баров залегают отложения забаровых лагун и вдольбереговых промоин или фации открытого моря и морских заливов, при регрессии — отложения приморских болот или дельтовых протоков и русел рек.

Электрометрическая модель фации устьевых баров по своей форме близка к моделям фаций русловых отмелей равнинных меандрирующих рек, барьерных островов, головных частей морских разрывных течений. При этом верхняя часть модели оказывается близкой к модели русловых фаций, а нижняя — к модели фации барьерных островов. Эти части электрометрической модели фации устьевых баров могут быть неодинаковы по размерам в зависимости от преобладания в разрезе аллювиальных или морских отложений. Тем не менее от всех этих моделей электрометрическая модель устьевых баров отличается отсутствием горизонтальных подошвенной и кровельной линий, уменьшением значений Апс к верхним и нижним частям аномалии (рис. 85).

Условия формирования устьевых баров, по-видимому, будут сходны с условиями образования подводных конусов выноса стоковых течений. В связи с этим электрометрические модели могут быть близкими по форме кривой ПС.

Морфология песчаного тела устьевых баров также имеет ряд свойственных этой фации особенностей. Поперечное сечение песчаного тела линзообразно-двояковыпуклое симметричное или асимметричное, чаще всего осложнено зубчатостью. Песчаные тела могут быть простыми изолированными или сложно построенными, состоящими из нескольких соприкасающихся песчаных тел. Ширина поперечного сечения меняется в значительных пределах: от единиц до десятков километров в зависимости от характера речной системы и бассейна, в который она впадает. Продольное сечение песчаного тела линзообразно-выпуклое или линзообразно-изогнутое, причем изгиб очень пологий и зависит от глубины прибрежной части бассейна. Протяженность песчаного тела может достигать десятков километров. Устьевые бары весьма разнообразны по своим очертаниям и могут их часто менять в зависимости от преобладающего влияния речных или морских условий. Бары могут быть овальной, изометрической, веерообразной или серповидной формы. Занимаемая ими площадь составляет десятки и сотни квадратных километров. Для устьевых баров характерно обилие обугленного растительного детрита, обрывков растений, обломков стволов. Отложения этой фации на 40—60% состоят из хорошо отсортированных мелкозернистых косослоистых песков. Слоистость располагается веерообразно по отношению к седиментационному простиранию (рис. 86).

Фация пляжей. Пляжи формируются на морском берегу в защищенных заливах и бухтах вдоль низких прибрежных равнин, полого наклоненных (5—10°) в сторону моря. Чем круче склон, тем грубее обломочный материал пляжа. Отложения пляжей в ископаемом состоянии слабо изучены, в связи с этим и электрометрическая модель этой фации нуждается в уточнении. По нашим данным, она представляет собой два слившихся прямоугольных треугольника, остроугольные вершины которых располагаются в зоне отрицательных отклонений ПС. Значение Апс достигает 0,1—0,8, кровельная линия горизонтальная, осложнена зубчатостью; боковая линия отсутствует; подошвенная наклонная зубчатая, иногда рассечена. Ширина аномалии чаще всего 5—10 м. Наибольшее отрицательное отклонение кривой отмечается в верхней части аномалии. Энергетический уровень среды формирования этих осадков очень высокий. Гидродинамическая активность в период образования песчаного тела носила прерывистый характер, всегда увеличиваясь в конечных стадиях его отложения. При трансгрессивном залегании пляжевые пески перекрываются отложениями забаровых лагун и баров, при регрессивном — аллювиальными отложениями. Если же песчаные пляжи в течение длительного времени подвергались деятельности ветра, то они могли быть в какой-то своей части переработаны и покрыты дюнами. Электрометрическая модель фации пляжей имеет сходство с моделью вдольбереговых регрессивных баров, от которой отличается главным образом меньшей шириной аномалии и иным набором перекрывающих фаций.

Индекс фации	Фация	Морфология песчаных тел -					
		Поперечное сечение		Продольное сечение			
		Форма	Ширина	Форма	Протяженность, км		
7	Устьевых баров		Линзообразно-выпуклая, симметричная, двухсторонне-зубчатая	Единицы и десятки километров		Линзообразно-выпуклая	Единицы и десятки
8	Пляжей		Линзообразно-выпуклая, асимметричная одно-сторонне-зубчатая	Сотни метров и единицы километров		Линзообразно-вогнутая	Десятки
9	Вдольбереговых баров (регрессивных) и прибрежных валов		То же	То же		Пластообразно-четковидно-выпуклая	Десятки и сотни
10	вдольбереговых баров (трансгрессивных) и прибрежных валов		То же	То же		То же	То же
11	Барьерных островов		Пластообразно-выпуклая, двухсторонне-зубчатая	Единицы и десятки километров		То же	То же
12	Прямых разрывных течений		Линзообразно-вогнутая, симметричная	Сотни метров		Пластообразно-вогнутая	Единицы

коллекторов		Распространение по площади	Органические остатки	Содержание песчаных пород, %	Состав пород	Характер слоистости и другие особенности пород	Направление падения косых слошков и седиментац. простиранию
Форма	Размер, км						
	Изометрическая	Десятки и сотни	Обилие обугленных растительных остатков, отпечатки листьев, обломки древесины, звизгалинные пеллеципеды	60-40	Пески мелкозернистые, хорошо отсортированные	Косая, крупная, однонаправленная, сходящаяся и разнонаправленная, клиновидная, мульдобразная	
	Линейно вытянутая	То же	Остатки фауны встречаются редко, местами избыточны, несут следы окатывания	100-60	Пески крупно-средне-мелкозернистые, хорошо отсортированные, галечники	Косая, тонкая, пологая, разнонаправленная, в галечниках клиновидная, слоистость видна плохо, пески иногда обогащены тяжелыми минералами	
	То же	Десятки и сотни, иногда тысячи	Как правило, отсутствуют, но могут встречаться охты и целые раковины	100-80	Пески мелкозернистые до среднезернистых, хорошо отсортированные	Косая, крупная, пологая, разнонаправленная, переходящая в мульдобразную и косоволнистую	
	То же	То же	То же	100-80	То же	Косая, крупная, пологая, разнонаправленная, сходящаяся, переходящая в мульдобразную и косоволнистую	
	Овальная	Сотни и тысячи	Морская фауна	90-60	Пески средне-мелкозернистые, хорошо отсортированные	Косая, пологая, от крупной до мелкой, мульдобразная косоволнистая, отдельные прослои горизонтально-слоистые	
	Линейно вытянутая, ветвящаяся	Десятки	Морская фауна, широко развиты роющие формы	80-60	Пески среднезернистые, хорошо отсортированные	Косая, однонаправленная, часто сходящаяся, изучена слабо, в подошве песчаного тела следы размыва	

Индекс фации	Фация	Морфология песчаных тел —					
		Поперечное сечение		Продольное сечение			
		Форма	Ширина	Форма	Протяженность, км		
13	Головных частей разрывных течений		Линзообразно-двойково-выпуклая, двусторонне-зубчатая	Единицы и десятки километров		Линзообразно-двойково-выпуклая	Единицы и десятки
14	Гребней штормовых волн и приливных течений		Линзообразно-выпуклая, асимметричная	Сотни метров и единицы километров		Линзообразно-выпуклая	Единицы

Рис. 86. Морфология и состав песчаных тел-коллекторов брежно-морских фаций.

В поперечном сечении песчаные тела пляжей имеют линзообразно-вогнутую асимметричную форму. Ширина их составляет десятки и сотни метров. В продольном направлении песчаные тела имеют линзообразно-вогнутое, чаще симметричное сечение и простираются вдоль берега на десятки и сотни километров. Занимаемая площадь достигает десятков и сотен квадратных километров, представляя собой в плане линейно вытянутые полосы. Отложения пляжей, представленные хорошо окатанными, отсортированными песками, гравием или галькой, могут содержать в большом количестве как целые, так и битые раковины, однако в ряде случаев остатки фауны полностью отсутствуют. Пляжевые пески часто обогащены тяжелыми минералами. Пески косослоистые, слоистость расположена перпендикулярно к седиментационному простиранию.

Фация приморских болот (маршей, лайд). Марши и лайды — заболоченные участки низменных морских берегов, затопляемых высокими приливами и нагонами штормовых волн [13]. Формализованная электрометрическая модель осадкой этой фации представляет собой треугольник, расположенный в зоне положительных отклонений кривой ПС ($A_{пс} < 0,4$). Реальная форма кривой, характерная для этой фации, отличается от формализованной тем, что кровельная линия бывает осложнена зубчатостью или рассечена. Это объясняется наличием в верхних частях отложений тонкого переслаивания глин, мелкозернистых песков и алевролитов. Подошвенная линия горизонтальная. Ширина аномалии не-

коллекторов		Распространение по площади	Органические остатки	Содержание песчаных пород, %	Состав пород	Характер слоистости и другие особенности пород	Направление падения косых слошков и седиментац. простиранию
Форма	Размер, км						
	Изометрическая	Десятки и первые сотни	Фораминиферы и другая типично морская фауна	60-40	Пески мелкозернистые, хорошо отсортированные	Косая, разнонаправленная, клиновидная, изучена слабо	
	Овальные, линейно вытянутые, кулисообразно расположенные	Единицы и десятки	То же	60-40	Пески мелкозернистые, хорошо отсортированные и окатанные	Косая, разнонаправленная, чередующаяся с горизонтальной, изучена слабо	

* Составлено с использованием данных Э.И.Кутырева

(характеризующая и дополняющая группы признаков) при-
Составил В. С. Муромцев.

велика — чаще всего единицы метров. Максимальное отклонение кривой ПС всегда фиксируется в верхних частях аномалии. Энергетические уровни среды формирования осадков в целом низкие. Количество глинистого материала уменьшается вверх по разрезу. При трансгрессии моря наиболее вероятным перекрытием этого фациального типа осадков являются пляжевые пески и отложения забаровых лагун. При регрессии они могут сменяться вверх по разрезу дельтовыми и аллювиальными осадками.

Электрометрическая модель этой фации сходна с моделями озерных и болотных фаций, речных пойм, фаций открытого моря и крупных морских заливов и особенно забаровых лагун. Однако несмотря на некоторое сходство, электрометрические модели этих фаций имеют достаточно характерные признаки, позволяющие отличать их друг от друга. Так, от электрометрической модели фации пойменных озер и болот рассматриваемая модель отличается наличием горизонтальной подошвенной линии, а также приуроченностью минимальных значений $A_{пс}$ к нижней части аномалии. От электрометрических моделей фаций открытого моря и крупных морских заливов и фации забаровых лагун и вдольбереговых промоин рассматриваемая модель отличается отсутствием боковой и наличием рассеченной кровельной линии.

Алеврито-глинистые отложения маршей, выполняющие пониженные участки морских побережий, образуют линзообразно-вогнутые глинистые тела, мощность которых не превышает единиц, редко первых десятков метров при очень значительной ширине их

поперечного сечения (десятки километров и более). Такую же форму, видимо, будут иметь и продольные сечения этих тел, протягивающихся вдоль морских побережий на десятки и сотни километров. Площадь развития этих отложений представляет собой вытянутую вдоль береговой линии зону со сложными очертаниями и исчисляется десятками и сотнями квадратных километров.

Из органических остатков наиболее характерны вертикально стоящие стебли растений, многочисленные отпечатки листьев, споры, пыльца. Типичными породами этих фаций являются черные углистые глины, угли, погребенные почвы и подпочвы. Песчаный материал распределен неравномерно и встречается в виде тонких горизонтальных прослоев. Содержание его не превышает 20%. Текстура пород комковатая и тонкогоризонтально-слоистая.

Группа фаций вдольбереговых баров и забаровых лагун. Эта группа представлена наибольшим числом фаций. По электрометрическим моделям здесь могут быть выделены отложения вдольбереговых (трансгрессивных и регрессивных) баров и прибрежных валов, барьерных островов, забаровых лагун и вдольбереговых промоин. Осадки этой группы фаций имеют широкое распространение как среди современных отложений, так и среди морских осадков минувших эпох.

Перечисленными выше фациями не ограничивается все многообразие аккумулятивных форм морского мелководья, однако выделение многих из них в ископаемом состоянии при сегодняшнем уровне наших знаний не представляется возможным. Так, в частности, ископаемые фации регрессивных и трансгрессивных баров понимаются многими исследователями шире, чем это принято для их современных аналогов, и включают в себя ряд аккумулятивных форм: различного типа косы, пересыпи, переймы, томболо и др.

Фация регрессивных вдольбереговых баров и прибрежных валов.

Электрометрическая модель регрессивного вдольберегового бара представляет собой прямоугольный треугольник, расположенный в зоне отрицательных отклонений ПС. Кровельная линия горизонтальная прямая, подошвенная наклонная, почти всегда осложнена зубчатостью или рассечена. Ширина аномалии от единиц до первых десятков метров. Максимальное отклонение кривой ($A_{\text{пс}}=0,8-1,0$) характерно для верхней части аномалии и отражает относительную динамическую активность водной среды в конечный этап формирования вдольберегового бара. При регрессивном залегании перекрывающими могут быть фации забаровых лагун, разрывных течений или пляжей, при трансгрессивном — фации головных частей разрывных течений, гребней штормовых волн и приливных течений, а также фация открытого моря и крупных морских заливов.

Электрометрические модели вдольбереговых регрессивных баров и прибрежных валов сходны между собой и отличаются лишь шириной аномалии (у вала она всегда меньше). Наибольшее сходство электрометрическая модель вдольбереговых баров имеет с моделью-

ми фаций пляжей, барьерных островов, гребней штормовых волн и приливных течений. От модели фации пляжей она отличается большей шириной аномалии, фации барьерных островов — меньшей шириной аномалии и отсутствием боковой линии, фации гребней штормовых волн и приливных течений — большей шириной аномалии и большими значениями $A_{\text{пс}}$. Электрометрическую модель прибрежного вала бывает невозможно отличить от модели песчаных гребней штормовых волн. Их различия могут быть установлены только путем детального исследования аномалий перекрывающих и подстилающих осадков.

Песчаные тела регрессивных баров в поперечном сечении линзообразно-выпуклые асимметричные одно- или двустороннезубчатые. Они залегают либо изолированно, либо образуют сложно построенные песчаные образования, состоящие из нескольких соприкасающихся или примыкающих друг к другу песчаных тел. Ширина вдольбереговых баров исчисляется как сотнями метров, так и несколькими километрами. От баров прибрежные валы отличаются меньшими размерами и в частности, меньшей шириной (десятки метров) и мощностью (первые метры). Продольные сечения этих двух аккумулятивных форм также сходные. Они образуют четковидно-выпуклые, линейно вытянутые валы, протягивающиеся на десятки и сотни километров и занимающие площадь в сотни и тысячи квадратных километров.

Органические остатки в баровых песках встречаются в виде целых и битых раковин, но во многих случаях могут полностью отсутствовать. Регрессивный бар на 80—100% сложен песчаными осадками. Пески от мелко- до среднезернистых, хорошо отсортированные, с четко выраженной косой слоистостью. Направление падения косых слоев перпендикулярно к береговой линии (седиментационному простиранию). Для регрессивных баров в ряде случаев характерно наличие железистых корочек по напластованию и тонких прослоев различного типа солей, образуемых при интенсивном испарении морской воды в пониженных участках поверхности бара, попавшей туда в результате заплеска волн. Прибрежные валы отличаются более тонкозернистым составом песчаных пород, содержание которых в разрезе вала составляет 60--80%, и более пологим наклоном косых слоев, падающих в сторону берега.

Мы рассмотрели основные диагностические признаки вдольберегового регрессивного бара и прибрежного вала. Поскольку последний, по существу, является первой фазой образования бара, они объединены нами в одну фацию. Однако прибрежный вал не всегда переходит в бар и может сохраняться в ископаемом состоянии, а иногда и фиксироваться на электрокартажных кривых. В связи с тем что эти генетически однородные образования отличаются по своим свойствам как коллекторы углеводородов и образуют ловушки различной емкости, их по возможности следует разделять.

Фация трансгрессивных вдольбереговых баров и прибрежных валов. В отличие от регрессивных трансгрессивные вдольбереговые бары встречаются более редко. Это связано с тем, что регрессивные бары в периоды начала очередной трансгрессии оказываются вдали от береговой линии, а следовательно, в зоне меньшей гидродинамической активности и быстро захороняются. Трансгрессивные бары, наоборот, в начале регрессии оказываются в зоне высокой гидродинамической активности и подвергаются интенсивному размыву либо при быстро развивающейся регрессии осушаются и подвергаются переработке эоловыми агентами, превращающимися в дюны, которые мигрируют в сторону суши. Однако несмотря на это трансгрессивные бары и, по-видимому, прибрежные валы иногда встречаются среди ископаемых аккумулятивных форм морского мелководья. В ряде случаев при медленном развитии трансгрессии они могут создавать на отдельных участках сплошные покровные пески, состоящие из прилегающих друг к другу баровых гряд, образованных в результате перемыла и переотложения трансгрессирующим морем существовавших здесь ранее песчаных дельтовых или аллювиальных осадков. Электрометрическая модель трансгрессивного вдольберегового бара резко отличается от регрессивного, хотя она также представляет собой прямоугольный треугольник, расположенный в зоне отрицательных отклонений ПС, а значение Апс достигает 1,0—0,8. Модель образована наклонной кровельной линией, осложненной зубчатостью или рассеченной, и горизонтальной прямой подошвенной линией. Ширина аномалии от единиц до десятков метров. Однако могут встречаться сложные песчаные тела, достигающие мощности десятков и даже сотен метров. Наибольшее отклонение кривой всегда приурочено к нижней части аномалии. Энергетические уровни водной среды меняются от очень высоких в начале, к низким в конце формирования песчаного тела, поэтому увеличение количества глинистого материала возрастает вверх по разрезу. Отложения трансгрессивного вдольберегового бара при дальнейшем развитии трансгрессии перекрываются осадками открытого моря или крупного морского залива, а при регрессии — осадками забаровых лагун, головных частей разрывных течений, гребней штормовых волн и приливных течений, промоин разрывных течений, маршей, дюн. При небольших колебаниях уровня моря могут образовываться пачки ритмов, представленные многократным ритмическим чередованием определенных наборов фаций; такие пачки иногда достигают значительных мощностей.

В связи с особенностями условий осадконакопления трансгрессивного бара его электрометрическая модель сходна с моделями песчаных тел, формировавшихся в аллювиальных условиях, и в частности с электрометрической моделью русловой отмели равнинной реки меандрирующего типа, от которой отличается отсутствием боковой линии. По этому же признаку рассматриваемая модель отличается от электрометрической модели фации дюн, для

которой характерна вертикальная боковая линия. По морфологическим признакам песчаные тела трансгрессивных и регрессивных баров сходны между собой. Они также имеют линзообразно-выпуклые асимметричные одно- или двустороннезубчатые поперечные сечения и представляют собой изолированные или сложно построенные (примыкающие или соприкасающиеся) песчаные тела. Ширина поперечных сечений изолированных песчаных тел колеблется в пределах сотен или первых тысяч метров. Песчаные тела линейно вытянутые и протягиваются на многие десятки и даже сот-пи километров. Их продольные сечения четковидно-линзообразно-выпуклые, однако в ископаемом состоянии они могут иметь четковидно-линзообразно-двояковыпуклые сечения.

Органические остатки чаще всего встречаются в виде раковин морских организмов, но могут и отсутствовать. Песчаный материал является преобладающим: он слагает на 80-100% тело бара. Пески мелко- и среднезернистые хорошо окатанные косослоистые. Слоистость направлена перпендикулярно к седиментационному простиранию. Характерным является присутствие глауконита, железистых корочек и солей (особенно в зонах с аридным климатом). Подошва песчаного бара резкая, иногда со следами размыва.

Фация барьерных островов. Эта фация тесно связана с фацией вдольбереговых баров, так как барьерные острова образуются при слиянии вдольбереговых регрессивных баров и их последующем частичном осушении. Отличительной особенностью электрометрической модели этой фации является вертикальная боковая линия. Аномалия располагается в зоне отрицательных отклонений ПС (Апс=1,0-0,8). Кровельная линия аномалии горизонтальная; боковая вертикальная прямая или волнистая, иногда зубчатая; подошвенная линия наклонная зубчатая, может быть рассеченной. Ширина аномалии достигает десятков метров. Наибольшее отклонение кривой приурочено к ее верхней половине. Для отложений этой фации характерно сохранение высоких и очень высоких энергетических уровней водной среды на протяжении всего периода формирования островных осадков, что является отличительным признаком этой фации и ее электрометрической модели.

Барьерные острова при трансгрессии моря могут быть перекрыты отложениями фаций трансгрессивных баров, забаровых лагун и вдольбереговых промоин, фациями гребней штормовых волн и приливных течений, открытого моря и крупных морских заливов. При регрессии на барьерных островах формируются отложения дюн.

Электрометрическая модель фации барьерных островов наиболее близка к моделям фаций устьевого и регрессивного баров. От первой она отличается наличием горизонтальной кровельной линии, а от второй - боковой линии. Поперечные сечения песчаных тел барьерных островов пластообразно-выпуклые двустороннезубчатые, их ширина достигает нескольких десятков километров. Продольные сечения четковидно-линзообразно-выпуклые. Отложения этой фации

простираются на десятки и сотни километров. В плане они чаще всего имеют вытянутые линейные или овальные очертания, занимаемая ими площадь достигает десятков и сотен квадратных километров. Органические остатки, встречаемые в осадках барьерных островов, те же, что и в баровых отложениях (скелеты морских организмов, чаще всего пелециподы). Барьерные острова сложены песками (60—90%) косослоистыми, преимущественно средне- и мелкозернистыми. Алевриты и глины занимают строго подчиненное значение. Падение косых серий направлено перпендикулярно к береговой линии.

В качестве примера современных баров могут быть приведены бары, описанные Р. Г. Д. Дэвидсоном-Арно и Б. Гринвудом в бухте Коучибуочаук (провинция Нью-Брансуик, Канада), расположенной к северо-западу от оконечности о. Принца Эдуарда [Davidson-Arnott R. G. D., Greenwood B., 1947 г.]. Примером может служить система современных барьерных островов, протягивающихся вдоль Техасского побережья Мексиканского залива. В нее входят острова Мустанг, Сан-Жозеф, Матагорда и п-ов Матагорда, описанные Б. Г. Вилькинсоном [Wilkinson B. H., 1975 г.]. К такому же типу относятся острова Падре, также расположенные в Мексиканском заливе, о. Файр-Айленд на Атлантическом побережье США [Sanders J. E., Kumar H., 1975 г.].

Фацция забаровых лагун и вдольбереговых промоин. Отложения забаровых лагун формировались в прибрежной части моря между береговой линией и барьерным баром в пределах полузамкнутого или замкнутого водоема. В отличие от этих отложений накопление осадков вдольбереговых промоин происходило в условиях еще не обособленного участка моря, ограниченного лишь прибрежным валом. Электрометрическая модель этой фацции представляет собой неравнобедренную трапецию, расположенную в зоне положительных отклонений кривой ПС ($A_{пс} \leq 0,4$). Кровельная линия электрометрической модели наклонная прямая или зубчатая, боковая вертикальная прямая или волнистая, подошвенная горизонтальная прямая. Ширина аномалии достигает единиц, иногда десятков метров. Максимальное значение $A_{пс}$, в верхней, а минимальное — в нижней части аномалии. Гидродинамическая активность увеличивается вверх по разрезу, но преобладающими остаются низкие энергетические уровни водной среды.

Наиболее вероятными фациями, перекрывающими отложения забаровых лагун при трансгрессии моря, являются фацции вдольбереговых трансгрессивных баров, гребней штормовых волн и приливных течений, открытого моря и крупных морских заливов, при регрессии — фацции пляжей, устьевых баров, приморских болот, дельтовых каналов и русел рек.

Электрометрическая модель фацции забаровых лагун и вдольбереговых промоин имеет сходство с моделью фацции пойменных озер и болот, от которой отличается наличием горизонтальной подошвенной линии и расположением максимальных значений $A_{пс}$ в верхней

части аномалии. От модели фацции приморских болот ее отличает вертикальная боковая линия. Глинистые образования этой фацции в поперечном сечении имеют линзообразно-вогнутую форму и ширину от сотен метров до нескольких километров. Продольные сечения линзообразно-вогнутые четковидные. По простиранию эти отложения протягиваются на десятки, реже сотни километров и образуют в плане линейно вытянутые вдоль морских берегов зоны или участки, имеющие овальные очертания и занимающие площади в сотни, а иногда и тысячи квадратных километров.

Органические остатки, приуроченные к отложениям забаровых лагун, представлены эвригалинной фауной, растительным детритом, отпечатками листьев. Песчаный материал обычно не превышает 10% и располагается в виде тонких горизонтальных прослоев, создающих характерную тонкую горизонтальнослоистую текстуру. В редких случаях слоистость отсутствует. Наиболее характерными отложениями забаровых лагун являются черные обогащенные органическим веществом жирные на ощупь комковатые глины, углистые глины и угли, сидеритовые конкреции, а иногда погребенные почвы и подпочвы со следами вертикально расположенных стеблей и корневых систем растений. В отложениях вдольбереговых промоин встречены остатки донных и пелагических типично морских организмов. Основную часть этой фацции составляют серые, зеленовато-серые глины с прослоями алевритов и мелкозернистых песков. Встречаются зерна глауконита. Характерны прослои, обогащенные морской фауной.

Группа фацций морских разрывных течений. Поскольку отложения этой группы фацций часто встречаются среди осадков прибрежной части современных морей, есть все основания считать, что их аналоги имели столь же широкое развитие в прошлые эпохи, а следовательно, могут встречаться в ископаемом состоянии. В эту группу объединены отложения фацции промоин разрывных течений и фацции головных частей разрывных течений. Первые формировались в узких промоинах в условиях однонаправленного водного потока, в то время как вторые были образованы при растекании струй разрывного течения, резкого спада энергии и скоростей и накопления обломочного материала в пределах морского шельфа в виде подводного конуса выноса.

Фацция промоин разрывных течений. При нагоне ветровыми волнами избыточного количества воды в изолированные лагуны возникали разрывные течения, которые устремлялись через бар в сторону моря, прорывая в его теле и прилегающих частях, лагуны желоба — промоины. По этим промоинам в периоды приливов в лагуну могли поступать морские воды. Электрометрическая модель этой фацции представляет собой аномалию в виде вытянутого прямоугольника, часто осложненную в нижней части одним или несколькими небольшими зубцами. Эти зубцы являются отражением на электрометрической модели остатков баровых песков, размытых промоиной разрывного течения.

Аномалия расположена в зоне отрицательных отклонений ПС (Апс до 0,8—0,6). Кровельная линия горизонтальная прямая; боковая вертикальная прямая или волнистая либо слабозубчатая; подошвенная линия горизонтальная прямая, часто с осложнениями. Осложнение подошвенной линии и меньшая ширина аномалий являются характерными признаками, позволяющими отличать эту электрометрическую модель от моделей русловых фаций. Ширина аномалии обычно от нескольких метров до десятков метров. Энергетические уровни среды седиментации остаются высокими на протяжении формирования всего песчаного тела и лишь слегка уменьшаются в его верхней части. Количество глинистого материала слабо увеличивается вверх по разрезу.

Фация промоин разрывных течений при трансгрессии может быть перекрыта отложениями фаций вдольбереговых трансгрессивных баров и мелководного шельфа открытого моря, при регрессии — осадками фаций забаровых лагун и пляжей.

Наибольшее сходство электрометрическая модель промоин разрывных течений имеет с моделью русловых отмелей рек спрямленного типа. Отличительными ее признаками служат осложнения подошвенной линии и иная последовательность вышележащих фаций. От трансгрессивного бара рассматриваемая модель отличается наличием горизонтальной кровельной линии, а от барьерного острова — горизонтальной подошвенной линией и меньшей шириной аномалии.

Поперечные сечения песчаных тел линзообразно-вогнутые симметричные, ширина их достигает сотен метров. Продольные сечения пластообразно-вогнутые. Отложения фации простираются на десятки километров, а возможно, и более, образуя линейно вытянутые изгибающиеся или прямые полосы, иногда ветвящиеся. Занимаемая этими осадками площадь исчисляется десятками (сотнями?) квадратных километров. Наиболее часто встречаемыми органическими остатками являются различные морские организмы, в том числе роющие животные. Отложения этой фации на 60 — 80% состоят из песчаных пород обычно средне- и мелкозернистых с хорошо окатанным и отсортированным обломочным материалом и косослойной текстурой. Косая слоистость направлена от береговой линии, хотя может выдерживать некоторые отклонения, иногда достаточно значительные, вплоть до направлений, параллельных береговой линии. Характерной особенностью залегания тел згой фации является наличие следов подводных размывов в подошве.

Электрометрическая модель фации промоин разрывных течений будет, по всей видимости, близка к модели фации стоковых течений, которые образуют подводные долины (каньоны), врезанные в континентальный шельф и его склоны. По этим долинам [22, 34, 41, 58, 79] происходит перемещение значительных масс терригенного материала вниз по шельфу до нижней границы континентального склона. Электрометрическая модель фации подводных

стоковых течений должна отличаться большей шириной и более четко выраженной формой аномалии.

Фация головных частей разрывных течений. Разрывные морские течения, выходя в открытое море, теряют скорость и, растекаясь, начинают откладывать влекомый ими терригенный материал, образуя своеобразные подводные конусы выноса. Эти образования в современных морских отложениях выделяются под названием «головных частей разрывных течений» [79]. По условиям образования песчаные тела этой фации напоминают устьевые бары, отличаясь от них тем, что располагаются в открытой части моря и на некоторой глубине.

Электрометрическая модель этой фации представляет собой равнобедренный треугольник, расположенный в зоне отрицательных отклонений кривой ПС (Апс до 0,6 — 0,8). Кровельная линия наклонная чаще всего зубчатая или рассеченная, но может быть и прямой. Подошвенная линия также наклонная зубчатая, рассеченная или прямая. Боковая линия отсутствует, что является отличительной особенностью модели этой фации. Ширина аномалии исчисляется метрами и десятками метров. Максимальное отклонение кривой отмечается в средней части аномалии, у места слияния кровельной и подошвенной линий. Иногда аномалия может приобретать некоторую асимметричность за счет появления зубчатости. Общий энергетический уровень среды формирования этих отложений высокий. Наибольшая гидродинамическая активность связана с образованием средней части песчаного тела. Именно здесь отмечается наименьшее содержание примесей глинистого материала, количество которого возрастает вверх и вниз по разрезу песчаного тела.

При трансгрессивном залегании над электрометрической моделью этой фации будут располагаться модели фаций открытого моря и крупных морских заливов и гребней штормовых волн и приливных течений, при регрессивном — модели фаций промоин разрывных течений, вдольбереговых регрессивных баров и забаровых лагун. Электрометрическая модель фации головных частей разрывных течений имеет большое сходство с такой устьевых баров, но, как мы уже отмечали, основным отличием от нее является отсутствие боковой линии.

В поперечном сечении песчаные тела этой фации имеют линзообразно-двойковыпуклую симметричную или асимметричную двустороннезубчатую форму и ширину в несколько километров. Песчаные тела, как правило, залегают изолированно. Продольные сечения песчаных тел линзообразно-двойковыпуклые, протягивающиеся на десятки километров. Занимаемая осадками площадь имеет изометрические очертания и охватывает десятки, а возможно, и сотни квадратных километров. Среди органических остатков встречаются раковины фораминифер, преимущественно агглютинированные, спикулы губок, остатки различных морских организмов.

Песчаный материал составляет 80—60%. Пески хорошо отсортированы, окатаны, преимущественно мелкозернистые, косослоистые. Падение слоев по отношению к береговой линии веерообразное. Встречаются зерна глауконита.

Электрометрическая модель отложений фации головных частей разрывных течений должна соответствовать модели конусов выноса стоковых течений. Такие конусы выноса могли накапливаться в пределах шельфов и их склонов, образуя песчаные клинья, которые при благоприятных условиях могут служить литологическими ловушками углеводородов [34, 58].

Группа фаций мелководного шельфа. Группа фаций мелководного шельфа представлена отложениями фации песчаных гребней штормовых волн и приливных течений и фации открытого моря и крупных морских заливов. Обе фации как в современных условиях, так и в ископаемом состоянии изучены еще недостаточно. Электрометрические модели их, особенно песчаных гребней приливных течений, требуют уточнений. Примером современных отложений песчаных гребней, образованных штормовыми волнами, могут служить песчаные валы, располагающиеся субпараллельно береговой линии на континентальном шельфе Атлантического океана, у восточного побережья США между мысами Код и Флорида, и сложенные мелкозернистыми хорошо отсортированными песками. Эти валы или гребни достигают 10 м высоты и 4 км ширины, протягиваясь на десятки километров [Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р., 1976 г.]. Современные отложения песчаных гребней или гряд, образованных приливо-отливными течениями, известны в Южной бухте Северного моря, где их высота достигает 50 м, ширина — 3—5 км, а длина — 50—70 км. Такого же типа песчаные гряды известны в Западно-Корейском заливе и Тайваньском проливе [34]. По-видимому, к этим же образованиям следует отнести оолитовые гряды, имеющие широкое развитие на оолитовых отмелях Багамских островов и описанные Э. Г. Пурди [Purdy E. G., 1961 г.]. К ископаемым аналогам отложений, образованных приливными течениями, П. Е. Поттер и другие [Potter P. E. e. a., 1967 г.] относят песчаники Честер в Иллинойском бассейне. Это же мнение разделяет У. А. Приор [Prior W. A., 1961 г.], изучивший условия накопления этих песчаников в Иллинойском и Миссисипском бассейнах. Ископаемые аналоги таких песков, содержащие скопления углеводородов, достоверно не установлены.

Фации гребней штормовых волн и приливных течений. На мелководном современном морском шельфе как на песчаных, так и на глинистых отложениях встречаются узкие вытянутые в длину гребни (гряды), сложенные мелкозернистыми песками. Такие гряды образуются в результате действия крупных штормовых волн и ориентированы перпендикулярно к направлению движения волн. Сходные по форме песчаные гряды известны на дне морских проливов, расположенных в зонах сильных приливных

и отливных течений. Эти гряды в отличие от первых вытянуты своими длинными осями параллельно приливным течениям.

Если электрометрическую модель для отложений штормовых волн можно считать в общем установленной, то для фации приливных течений она остается невыясненной. Электрометрическая модель фации штормовых волн в обобщенном виде представляет собой узкий прямоугольный треугольник, располагающийся своей вершиной в зоне отрицательных отклонений ПС ($A_{пс} = 0,6 \cdot -0,5$). Кровельная линия горизонтальная, иногда осложнена зубчатостью или рассечена, подошвенная пологонаклонная зубчатая, иногда рассеченная. Наибольшее отклонение кривой приурочено к верхней части аномалии, которая имеет небольшую ширину, исчисляемую единицами и первыми десятками метров. Сочетания нескольких аномалий могут достигать иногда значительной суммарной ширины. Однако наиболее часто они встречаются изолированно. Динамика среды седиментации характеризуется средними энергетическими уровнями. Максимальная гидродинамическая активность проявляется в конце формирования песчаного тела. Отложения фации штормовых волн при трансгрессии покрывались осадками открытого моря и крупных морских заливов, а при регрессии — отложениями головных частей разрывных течений и регрессивных вдольбереговых баров.

Рассматриваемая модель имеет сходство с электрометрическими моделями фации песков разливов и фации пляжей. От первой отличается наличием наклонной подошвенной линии, а от второй — меньшими значениями $A_{пс}$. Поперечные сечения песчаных тел, формировавшихся в прибрежной части морского шельфа, линзообразно-выпуклые асимметричные, чаще изолированные. Ширина поперечных сечений достигает нескольких километров. Продольные сечения также линзовидно-выпуклые. Отдельные песчаные гряды могут протягиваться, по-видимому, на многие десятки километров. В плане песчаные гряды имеют вытянутые овальные очертания и располагаются кулисообразно по отношению друг к другу. Площадь, занимаемая одной песчаной грядой, колеблется от десятков до сотен квадратных километров.

Среди органических остатков наиболее часто встречаются скелеты пелагических и донных морских животных. Содержание песчаных пород в отложениях этой фации 40—60%. Пески преимущественно мелкозернистые, хорошо окатанные и отсортированные, косослоистые. Преобладающее направление падения косых слоев соответствует направлению перемещения волн. Характерной особенностью является групповой характер развития песчаных тел как в разрезе, так и на площади, в связи с чем установление одного из них дает возможность прогнозировать расположение других. Песчаные образования этой фации, по всей видимости, имели широкое развитие в прибрежных частях морских бассейнов прошлого, а следовательно, при изучении и реставрации песчаных тел могут быть обнаружены и должны быть использованы при фации-

альных и палеогеографических реконструкциях. Присутствие среди прибрежно-морских отложений пересекающихся песчаных тел может служить одной из предпосылок, указывающей на возможность развития отложений описываемой фации.

Фа́ция открытого моря и крупных морских заливов. Значительные пространства морского дна в пределах мелководного шельфа покрыты глинистыми отложениями. Электрометрическая модель этой фации в формализованном виде представляет собой четырехугольник, располагающийся значительной своей частью в зоне положительных отклонений ПС ($A_{ps} = 0-0,2$). Кровельная линия аномалии горизонтальная прямая или волнистая. При наличии глинистых отложений большой мощности вертикальная боковая линия является основным диагностическим признаком осадков згой фации. Подошвенная линия горизонтальная прямая. Ширина аномалии может быть различной: от нескольких метров до нескольких сотен метров. Значения $A_{ps} = 0-0,2$ прослеживаются вдоль всей аномалии. Энергетические уровни среды седиментации очень низкие, гидродинамическая активность едва заметно увеличивается вверх по разрезу или остается практически неизменной. При трансгрессии эта фация может быть перекрыта карбонатными отложениями, а при регрессии может переходить в фации гребней штормовых волн и приливных течений, разрывных течений, вдольбереговых регрессивных баров и барьерных островов.

Рассматриваемая электрометрическая модель имеет наибольшее сходство с моделью забаровой лагуны, от которой отличается наличием горизонтальной кровельной линии и отсутствием рассеченности боковой линии, а от модели пойменных озер и болот — наличием горизонтальной подошвенной линии.

Продольные и поперечные сечения глинистых образований мелководных частей шельфа пластообразно-вогнутые, протягивающиеся на десятки и сотни километров. Отложения этой фации занимают большие площади морского дна, исчисляемые сотнями и тысячами квадратных километров и имеющие в плане самые разнообразные очертания.

Для отложений фации открытого моря и крупных морских заливов характерна морская фауна донных и пелагических животных. Содержание песчаного материала не превышает 10%. Отложения этой фации представлены серыми, зеленовато-серыми глинами, содержащими прослойки монтмориллонитовых глин. Слоистость отсутствует или очень слабо выражена.

В настоящее время известно большое количество литологических ловушек, образованных в прибрежно-морской обстановке осадконакопления. Среди пород-коллекторов наибольшим распространением пользуются отложения вдольбереговых баров, барьерных островов и пляжей. Часто эти образования объединяются под общим названием «баровых песков». Среди баровых песков, содержащих скопления нефти и газа в ловушках литологического типа, могут быть упомянуты пески Сойсборского бара (Денверский

бассейн США), подробно изученные Е. Г. Гриффитом [Griffith E. G., 1966 г.], широко известные песчаные отложения системы олигоценых баров Фрио, описанные Д. Р. Бойдом и Б. Ф. Дайером [83]. Примером древнего бара, с которым связано нефтяное месторождение Бисти, является «баровый комплекс Бисти», описанный Ф. Ф. Сабинсом [89] в бассейне Сан-Хуан (Нью-Мексико). В бассейне Андаракот отложения Морроу (нижний пенсильваний), представляющие собой, по Д. А. Бушу [7], «либо песчаники прибрежных баров, либо окаймляющие пляжевые песчаники», содержат крупные скопления природного газа.

В СССР связанные с баровыми песками залежи обнаружены в Куйбышевском Поволжье в районе Покровского месторождения в отложениях нижнего карбона [Санаров С. В., Ханин И. А., 1968 г.], а также в пределах Колотовской площади (тульский горизонт, Рязано-Саратовский прогиб) [Каледа Г. А., 1978 г.] и др.

Литологические ловушки, образованные отложениями устьевых баров, разрывных течений, штормовых волн и приливных течений, не известны, в связи с тем что эти отложения не устанавливались в ископаемом состоянии.

Наиболее хорошими экранирующими свойствами обладают отложения фации открытого моря и крупных морских заливов, представляющие собой региональные покрывки, способные удерживать залежи углеводородов. В качестве примера такой покрывки могут быть приведены оксфордские и кимериджские глины Южного Мангышлака, сформированные в условиях открытого морского бассейна.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПО ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ ФАЦИИ

Разработанная методика определения генезиса отложений по электрометрическим моделям фаций позволяет устанавливать закономерности распределения песчаных тел-коллекторов и глинистых пород-экранов в пределах изучаемой площади, а также определять характер изменения как отдельных фаций, так и их групп.

Л. Б. Рухин в Основах общей палеогеографии писал, что «установление фациальной изменчивости лежит в основе палеогеографических изысканий» [Рухин Л. Б., 1962 г., с. 122]. Таким образом, определение фациальной природы осадка позволяет производить реконструкции физико-географических обстановок прошлого, выявлять закономерности пространственного размещения отложений того или иного генезиса, а следовательно, и осуществлять их прогноз в пределах той или иной площади.

Однако создаваемые в настоящее время в нефтяной геологии палеогеографические карты строятся, как правило, для крупных территорий и охватывают в своем подавляющем большинстве значительные промежутки времени, в которых фациальные условия испытывали значительные изменения в пределах изучаемой площа-

ди. В лучшем случае такие карты строятся для отдельных продуктивных пластов и отражают некоторые средние условия, существовавшие в период их накопления. Такое осреднение сложно построенных продуктивных пластов, образованных многими песчаными телами (часто различного генезиса), не позволяет осуществлять выявление отдельных песчаных тел и картировать зоны их выклинивания.

Для установления отдельных локально развитых песчаных тел, выявления особенностей строения, установления их генезиса и закономерностей пространственного размещения необходимы палеогеографические реконструкции для небольших временных интервалов, соответствующих отдельным частям продуктивных пластов — слоям (окнам или интервалам прослеживания). При этом тщательная корреляция электрометрических разрезов скважин является залогом последующего успеха как в определении генезиса осадка, так и при палеогеографических реконструкциях.

Палеогеографические реконструкции являются результатом обобщения всей имеющейся информации, полученной в результате анализа электрометрических разрезов скважин с помощью системы диагностических признаков. После того как интервалы электрометрических разрезов скважин скоррелированы, в их пределах проводится сравнительная оценка отрезков кривых ПС и КС. Такую оценку в пределах изучаемой площади осуществляют путем построения специальных каротажных карт или профилей. На карты наносят уменьшенные до нужного масштаба участки изучаемого электрометрического разреза по каждой скважине. При этом уменьшенные кривые ПС перемещают влево по отношению к КС так, чтобы линия глин оказалась за нулевыми значениями шкалы отсчета кривой КС.

Такие карты применялись Р. Г. Нанцем [8G], Г. С. Вишером [98], Ю. В. Шелтоном [Shelton J. W., 1972 г.]. Они представляют интерес не только как карты размещения фактического материала, но дают возможность одновременно держать в поле зрения все особенности изменения электрометрических характеристик разреза в выбранном интервале прослеживания, что облегчает проведение сравнительной оценки кривых ПС и объединение их в группы по морфологическим признакам.

Группы кривых ПС с помощью разработанных нами диагностических признаков сопоставляются с электрометрическими моделями фаций и устанавливается их принадлежность к той или иной генетической группе осадков. При определении фации по электрометрическим моделям должен быть широко использован «метод исключения», заключающийся в том, что после установления по комплексу признаков обстановки осадконакопления значительно сокращается круг фаций, электрометрические модели которых могут быть обнаружены в изучаемых интервалах разреза на заданной площади. При этом необходимо использовать парагенетические связи фаций, что также дает возможность при определении одной

или нескольких из них предполагать наличие других. После установления принадлежности электрометрических кривых к определенной фации они объединяются на карте в зону, соответствующую распределению осадков этой фации.

Сочетание таких зон, отражающих размещение различных фаций, дает возможность проводить реконструкцию условий осадконакопления на исследуемой территории, т. е. создавать палеогеографическую основу для осуществления прогнозной оценки поисков залежей нефти и газа в ловушках литологического типа. Используя характеризующие диагностические признаки, выявленные фациальные зоны можно прогнозировать за пределы разбуренных участков. Содержащаяся в электрометрических моделях информация позволяет строить литолого-фациальные и палеогеографические карты различных масштабов (от 1:25000 до 1:1000000).

Предлагаемый метод может обеспечить такую детальность построений карт, которую невозможно получить при изучении ограниченного количества керн. Кроме того, использование электрометрических моделей дает возможность быстро и надежно без применения многочисленных дорогостоящих и длительно выполняющихся анализов устанавливать все необходимые особенности строения и изменения песчаных пластов-коллекторов и глинистых пород-экранов. В результате могут быть выявлены как различные обстановки осадконакопления, так и слагающие фации.

В качестве примера приводится реконструкция условий осадконакопления базальной части X ритма Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака по электрометрическим данным. Применение электрометрических моделей позволило установить, что в юрский период в этом районе существовала дельта крупной реки равнинного типа. Осадки этой реки были нами впервые обнаружены и изучены в районе уроч. Танаша-Тынымбай-Камысты у западных чинков Устюрта [Муромцев В. С., 1973 г.]. Эта, по-видимому, многоуровневая река, берущая свое начало на пространствах Кызылкумской суши, в районе Жетыбай-Узеньской ступени имела обширную дельту, образованную несколькими мигрировавшими с северо-запада на юго-восток дельтовыми комплексами. Латеральная миграция дельтовых комплексов и ветвление дельтовых каналов и протоков были вызваны пологими наклонами и малыми глубинами прибрежной части бассейна, в котором формировалась дельта, а также большой массой выносимого обломочного материала. Быстрое заполнение осадками дельтовых каналов затрудняло сток воды, что вынуждало реку периодически перемещать свое устье к востоку. На это указывает пространственное размещение фаций, свойственных дельтовым обстановкам, и приуроченных к ним песчаных тел, которые сформировались в различных условиях. Эти песчаные тела, характеризующиеся невыдержанностью мощностей и литологического состава слагающих их пород, замещаются алевроито-глинистыми осадками, образованными в заливах и дельтовых озерах (култуки, ильмени), которые занимали в пределах дельты

большие пространства. В результате боковых перемещений дельтовых комплексов отложениями этих фаций были перекрыты большие территории, по-видимому, значительно превосходящие площадь, занимаемую современной Жетыбай-Узеньской тектонической ступенью.

Наиболее крупный дельтовый канал располагался на западной периклинали современной Узеньской структуры (рис. 87). Обломочный материал, выносимый через этот канал, накапливался в его устье, образуя устьевой бар. Этот бар располагался на внутреннем контуре Большой Мангышлакской флексуры, ограничивающей с юга Жетыбай-Узеньскую ступень. Следует предполагать, что на подводном склоне морского края дельтового комплекса, против устья дельтового канала, могли возникать стоковые течения, в результате которых в пределах флексуры накапливались песчаные отложения в виде подводных конусов выноса значительной мощности. Эти конусы выноса могут представлять интерес как литологические ловушки углеводородов.

После перемещения устья дельтового канала отложения устьевого бара подвергались размыву и переотложению под действием волн и морских течений. Вследствие этого устьевой бар постепенно терял свою первоначальную форму и превращался в вытянутое в субширотном направлении песчаное образование. По-видимому, к песчаным телам такого типа принадлежат залежи нефти и газа на ряде месторождений, располагающихся вдоль внутреннего контура Большой Мангышлакской флексуры, и в частности залежи Западно-Тенгинского нефтяного месторождения. К такому же типу относятся песчаные тела, сформированные в устьях более мелких дельтовых каналов и протоков, находящихся по обе стороны от описываемого канала. Эти песчаные тела характеризуются меньшими размерами. С ними связаны многочисленные залежи нефти и газа на месторождениях Тасбулат, Актас, Западный Актас, Восточный Жетыбай и др. Приустьевые части некоторых из них, по-видимому, располагались в пределах Тенгинской и Актасской антиклинальных складок, местоположение других можно только предполагать, исходя из выявленных закономерностей. Особенно сложная ветвящаяся сеть дельтовых каналов выявлена в осадках этого ритма в группе Жетыбайских месторождений (Жетыбай, Северо-Западный Жетыбай, Западный Актас, Сауты, Бектурлы). В связи с большим количеством скважин, пробуренных на этих площадях, местоположение дельтовых каналов прослежено достаточно детально. Дельтовые каналы, наблюдаемые на этих площадях, хотя и сохраняли общее направление, но, по-видимому, принадлежали к другим, более поздним дельтовым комплексам. Обширные площади, размещенные между дельтовыми каналами и протоками, были заняты дельтовыми водоемами различного типа, как имеющими связь с внешним бассейном, так и утратившими ее. К таким водоемам должны быть отнесены лагуны, заливы (култуки), дельтовые озера (ильмени) и болота. В этих водоемах,

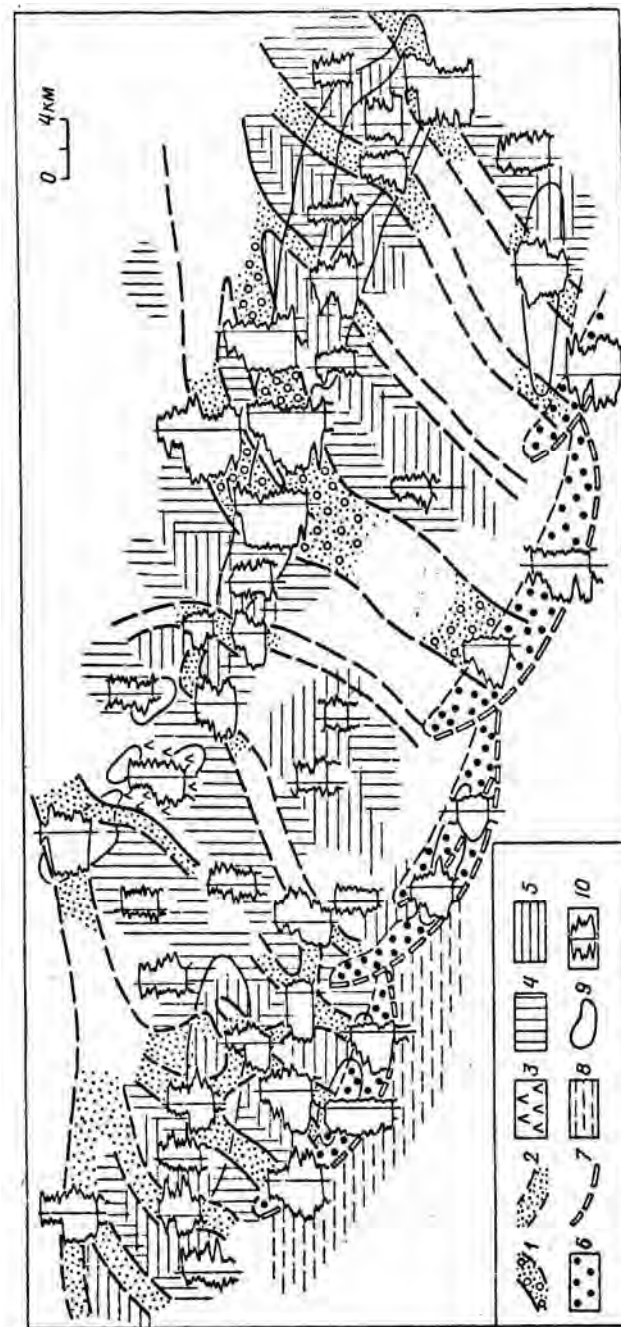


Рис. 87. Реконструкция дельтовой обстановки осадконакопления базальной части X ритма Жетыбай-Узеньской ступени Мангышлака по электрометрическим данным. Составил В. С. Муромцев.

1 — главные дельтовые каналы; 2 — дельтовые каналы; 3 — каналы дельтовых каналов; 4 — дельтовые каналы; 5 — ильмени (залежи) и болота; 6 — устьевые бары; 7 — впадины (переработанный морем) края устьевых баров; 8 — отложения открытого моря; 9 — контуры антиклинальных складок; 10 — электрометрические характеристики разреза (слева ПС, справа КС).

характеризующихся небольшими глубинами, отлагались в виде частого тонкого переслаивания алевролиты, глины и мелкозернистые пески. В центральных частях этих водоемов преимущественное значение принадлежало глинистым отложениям. В районе месторождений Асар и Желганой, судя по электрометрическим моделям, имели место образования конусов выноса мелких дельтовых каналов, впадающих в один из таких внутридельтовых водоемов типа озера.

Если в изучаемом районе кроме скважин имеются выходы на дневную поверхность продуктивных отложений, то детальность палеогеографических реконструкций может быть увеличена за счет привлечения материалов по естественным обнажениям. Трудность сопоставления каротажных разрезов скважин и естественных обнажений может быть преодолена с помощью так называемых воспроизведенных или расчетных кривых ПС. Построение таких кривых для обнаженных участков разреза основано на выявленных нами зависимостях между электрометрическими характеристиками и литофизическими свойствами пород. Расчетные или воспроизведенные кривые наравне с электрокаротажными кривыми могут быть использованы при совместной корреляции разрезов естественных обнажений и скважин.

В качестве примера нами приводится профиль (рис. 88), состоящий из ряда воспроизведенных электрометрических кривых, рассчитанных для некоторых участков изученного нами поперечного сечения речной долины в районе Восточного Мангышлака (уроч. Тынымбай-Камысты). Отложения, слагающие речную долину, являются аналогами XII продуктивного горизонта, вскрытого на месторождении Жетыбай и прослеживающегося по всей Жетыбай-Узеньской тектонической ступени, и в том числе на расположенном поблизости от изученных обнажений месторождении Узень. Приведенные на рис. 88 кривые практически мало чем отличаются от кривых ПС в скважинах. Таким образом, используя все имеющиеся в районе электрометрические разрезы скважин, воспроизведенные по естественным обнажениям электрометрические кривые, а также результаты исследований каменного материала, можно с большой точностью и детальностью определять генезис и пространственное размещение песчаных тел-коллекторов в пределах прилегающих неразбуренных участков, прогнозировать все их особенности строения, состава и качества как литологических ловушек нефти и газа и концентрировать бурение в наиболее перспективных участках.

В том случае если в изучаемом разрезе имеется несколько песчаных тел меняющейся мощности, а простирание их и взаимоотношения друг с другом не выяснены, то разобраться в сложном сочетании отрицательных и положительных аномалий и установить по ним пространственное размещение песчаных тел-коллекторов можно лишь после трудоемкого и кропотливого анализа большого числа электрометрических разрезов скважин, В этом случае эф-

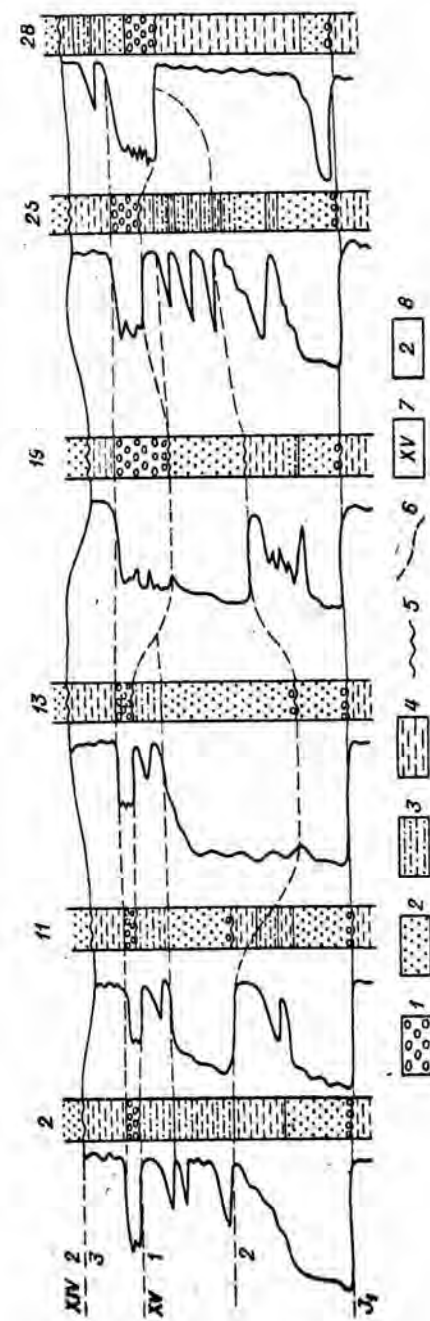


Рис. 88. Электрометрические характеристики аллювиальных отложений ааленского возраста (XII продуктивный горизонт) по естественным обнажениям в точках 1, 2, 3, 19, 23, 28 профиля в урочище Тынымбай, Южный Мангышлак (см. рис. 8). Составил В. С. Муромцев.

1 — галечники, гранит; 2 — пески; 3 — алевролиты; 4 — глины; 5 — границы разрезов; 6 — линии сопоставления; 7 — номер ритма; 8 — номер стадий.

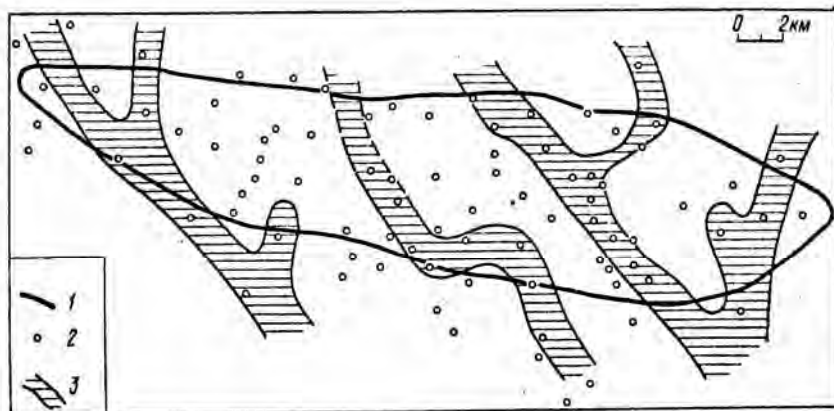


Рис. 89. Расположение осевых частей песчаных тел средней части IX ритма байосского яруса в пределах Жетыбайской структуры. Составил В. С. Муромцев.

1 — контур структуры; 2 — скважины; 3 — осевые части песчаных тел.

эффективным оказывается примененный нами способ картирования осевых частей наиболее крупных песчаных тел, развитых в пределах изучаемой площади. Карты расположения осевых частей песчаных тел дают возможность разобраться в палеогеографической обстановке, особенно при наличии песчаных тел различного генезиса.

Способ построения таких карт заключается в том, что у всех имеющихся в пределах изучаемой площади отрицательных аномалий измеряется их ширина по разделительной линии ($A_{pc}=0,5$). Среди полученных значений отбираются наибольшие, средние и малые. Последние соответствуют песчаным телам небольшой мощности, воспринимаются как шум и на картах не фиксируются. Обобщенное среднее значение принимается за эталон. На карту наносится разница между наибольшим значением и эталоном. В том случае если разница будет значительной, эталон следует увеличить. После интерполяции полученных данных и построения карты размещения осевых частей наиболее мощных песчаных тел можно сделать заключение об основных особенностях палеогеографической обстановки в пределах изучаемой площади.

В качестве примера построения таких карт может быть приведена карта расположения осевых частей песчаных тел, образованных наиболее крупными дельтовыми каналами в пределах IX ритма байосского яруса на Жетыбайской площади Мангышлака (рис. 89).

ОПЕРАТИВНЫЙ ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ЛОВУШЕК НЕФТИ И ГАЗА

Реконструкция палеогеографических обстановок по электрометрическим моделям позволяет восстановить основные закономерности размещения фаций и их групп в пределах достаточно крупных

территорий (тектонических зон, структур первого и второго порядков, группы разведочных площадей). Такие реконструкции способствуют выявлению крупных перспективных участков для поисков залежей нефти и газа литологического типа. Однако несмотря на важную роль таких реконструкций, они все же представляют собой палеогеографические построения регионального плана, несущие лишь качественную информацию. Для успешного осуществления эффективного поиска ловушек литологического типа и рационального размещения скважин в пределах разведочной площади требуются цифровые характеристики, позволяющие картировать отдельные песчаные тела.

Методика прогнозирования залежей нефти и газа в ловушках литологического типа принципиально отличается от прогнозирования залежей, связанных со структурными ловушками. При поисках структурных ловушек основным нефтепоисковым признаком является наличие антиклинальной складки. Ее размеры, форма и амплитуда определяют размер предполагаемой залежи, а следовательно, являются основными критериями, определяющими объем ловушки и очередность ее разбурирования. При поисках скоплений углеводородов в ловушках неантиклинального и, в частности, литологического типа на первое место выдвигаются иные критерии, такие, как состав, строение, морфология и пространственное размещение песчаных тел — резервуаров для скопления углеводородов. В связи с этим каждое песчаное тело, встреченное в перспективной части разреза, должно быть детально изучено с целью выявления характера его размещения на изучаемой площади и положения зон выклинивания, поскольку каждое выклинивающееся вверх по восстанию песчаное тело, обладающее коллекторскими свойствами и изолированное непроницаемыми глинистыми породами-экранами, может рассматриваться как потенциально перспективный объект на поиски скопления углеводородов, т. е. как литологическая ловушка нефти и газа.

В связи с тем что песчаные тела имеют нефтепоисковое значение и представляют собой основной объект поисков возможных литологических ловушек, нами впервые была разработана методика, позволяющая осуществлять их выявление и картирование, используя для этой цели кривые самопроизвольной поляризации. Эта методика дает возможность проводить детальное изучение особенностей строения, характера выклинивания, изменения коллекторских свойств и палеогидродинамических условий формирования песчаных тел в любом участке вскрытого скважиной разреза независимо от наличия или отсутствия кернового материала. Это достигается снятием с электрометрических кривых ряда цифровых показателей, необходимых для проведения сравнительной оценки параметров, имеющих важное значение при практической работе по выявлению и локальному прогнозированию литологических ловушек нефти и газа. Предложенная методика заключается в следующем.

Зависимость значений $\alpha_{ПС}$ от литофизических свойств терригенных пород и палео

$\alpha_{ПС}$	Литофизические разности пород	Гранулометрический состав, %		
		Глинистая фракция $\leq 0,01$	Песчаная фракция (1,0-0,1)	Алевритовая фракция (0,1-0,01)
1—0,8	Пески, песчанки крупно-, средне-, мелкозернистые, неглинистые	0—15	70—95	5—10
0,8—0,6	Пески, песчанки мелкозернистые	15—25	50—70	5—20
0,6—0,4	Смешанные глинисто-алевритопесчаные породы	20—50	20—50	20—50
0,4—0,2	Алевриты и глинисто-алевритовые породы	15—50	0—20	50—85
<0,2	Глины и алеврито-глинистые породы	>50	0—5	0—50

В районе, перспективном на поиски литологических (стратиграфических) залежей нефти и газа, анализируются результаты промыслово-геофизических исследований скважин. По данным каротажа проводят расчленение разреза на литологические пачки-ритмы, выделяют маркирующие репера и проводят стратиграфическую корреляцию разрезов.

Среди песчано-глинистых отложений выделяют два опорных пласта (глинистый и песчаный), соответствующих максимальным положительному и отрицательному отклонениям кривой ПС и прослеживающихся в разрезах большинства скважин на изучаемой территории. Через экстремальные точки аномалий против этих пластов проводят две параллельные друг другу опорные линии: линию глин, или нулевую линию, для которой $\alpha_{ПС}$ принимается равной нулю, и линию песков, для которой $\alpha_{ПС} = 1$. Расстояние между этими линиями (между линией глин и линией песков) делят на десять равных частей и через концы полученных отрезков параллельно опорным линиям проводят вспомогательные линии.

Экспериментально установлено (табл. 4), что по значению $\alpha_{ПС}$ терригенные песчано-глинистые отложения разделяются на пять групп (классов), каждая из которых характеризуется определенным литологическим и гранулометрическим составом, гидродинамическими условиями формирования и коллекторскими свойствами (рис. 90). При этом по линии $\alpha_{ПС0,5}$ породы разделяются на песчаные ($\alpha_{ПС} > 0,5$) и алевритово-глинистые ($\alpha_{ПС} < 0,5$) разности.

По линиям $\alpha_{ПС0,8}$, $\alpha_{ПС0,5}$ и $\alpha_{ПС0,4}$ измеряют ширину аномалии кривой против исследуемого песчаного пласта и полученные значения, в метрах, включая нулевые (когда кривая не пересекает соответствующей вспомогательной линии $\alpha_{ПС}$), сводят в таблицу, а затем картируют раздельно по каждой из упомянутых линий.

гидродинамических условий их формирования

ТАБЛИЦА 4

Коллекторские свойства		Палеогидродинамические условия седиментации	
Класс коллектора (по А. А. Ханину)	Проницаемость, мД	Медианный размер зерен, мм	Относительный гидродинамический уровень среды
I—III	1000—100	> 0,15	Очень высокий (1,0—0,8)
III—IV	500—100	0,1—0,2	Высокий (0,8—0,6)
IV—V	100—10	0,03—0,1	Средний (0,6—0,4)
V—VI	< 10	< 0,03	Низкий (0,4—0,2)
Породы-экраны		<< 0,02	Очень низкий (0,2—0)

Каждая из построенных (в изобахитах) карт отражает площадь распространения и контур выклинивания соответствующей группы (класса) пород-коллекторов. Например, карта, построенная по ширине аномалии кривой, измеренной по линии $\alpha_{ПС0,8}$ в каждой скважине, показывает изменение мощности, площадь распространения и контур выклинивания (по нулевым значениям) крупно-среднезернистых неглинистых песчаников, обладающих хорошей проницаемостью (I — III классы коллекторов).

Далее, совмещая полученные карты, составляют сводную карту, на которую наносят контуры выклинивания соответствующих групп (классов) пород и определяют местоположение зоны выклинивания пород-коллекторов, т. е. зоны, заключенной между $\alpha_{ПС0,5}$ и $\alpha_{ПС0,4}$. Таким же образом строят карты по перекрывающим и подстилающим изучаемый песчаный пласт глинистым отложениям. При этом против глинистых пластов-экранов измеряют ширину аномалии кривой по линиям $\alpha_{ПС0,5}$, $\alpha_{ПС0,4}$, $\alpha_{ПС0,2}$ с последующим картированием и совмещением полученных карт в сводные карты, отражающие особенности размещения на исследуемой территории пород, покрывающих и подстилающих песчаный пласт. По измеренным значениям $\alpha_{ПС}$ против исследуемых пластов с помощью табл. 4 судят о гранулометрическом составе, коллекторских свойствах и палеогидродинамических условиях формирования коллекторов и глинистых пород-экранов.

Карты по каждому исследуемому песчаному пласту сопоставляют со структурной картой, построенной по его кровле, и выявляют строение, полезную площадь, местоположение литологических ловушек в исследуемом районе, прогнозируют их развитие (рас-

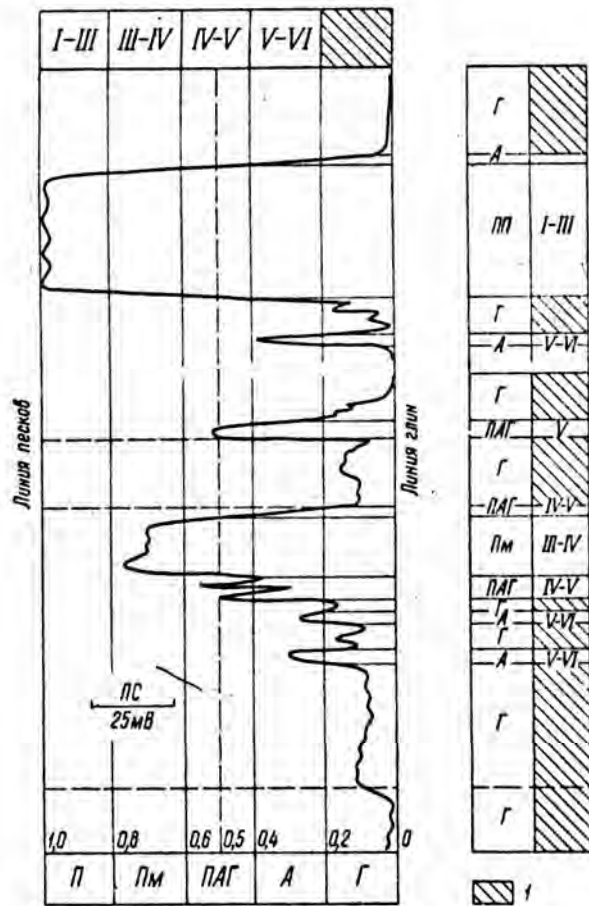


Рис. 90. Схема интерпретации кривой α_{PC} с выделением литологических разностей пород и классов коллекторов. Составил В. С. Муромцев.

Линии максимальных отклонений ПС: 0 — положительных (линия глины), 1,0 — отрицательных (линия песков)
 П — песчанки крупно-среднезернистой неглинистой; Пм — песчанки мелкозернистой; ПАГ — смешанные песчано-алеврито-глинистые породы; А — алевролит, глинисто-алевритовые породы; Г — глины и алевритоглинистые породы; ПП — продуктивный пласт, коллекторы; I-III — морщю пронизываемый, III-IV — пронизываемый, IV-V — слабопронизываемый, V-VI — непронизываемый, Г — породы-экраны.
 Примечание: Классы коллекторов по А. А. Хашину.

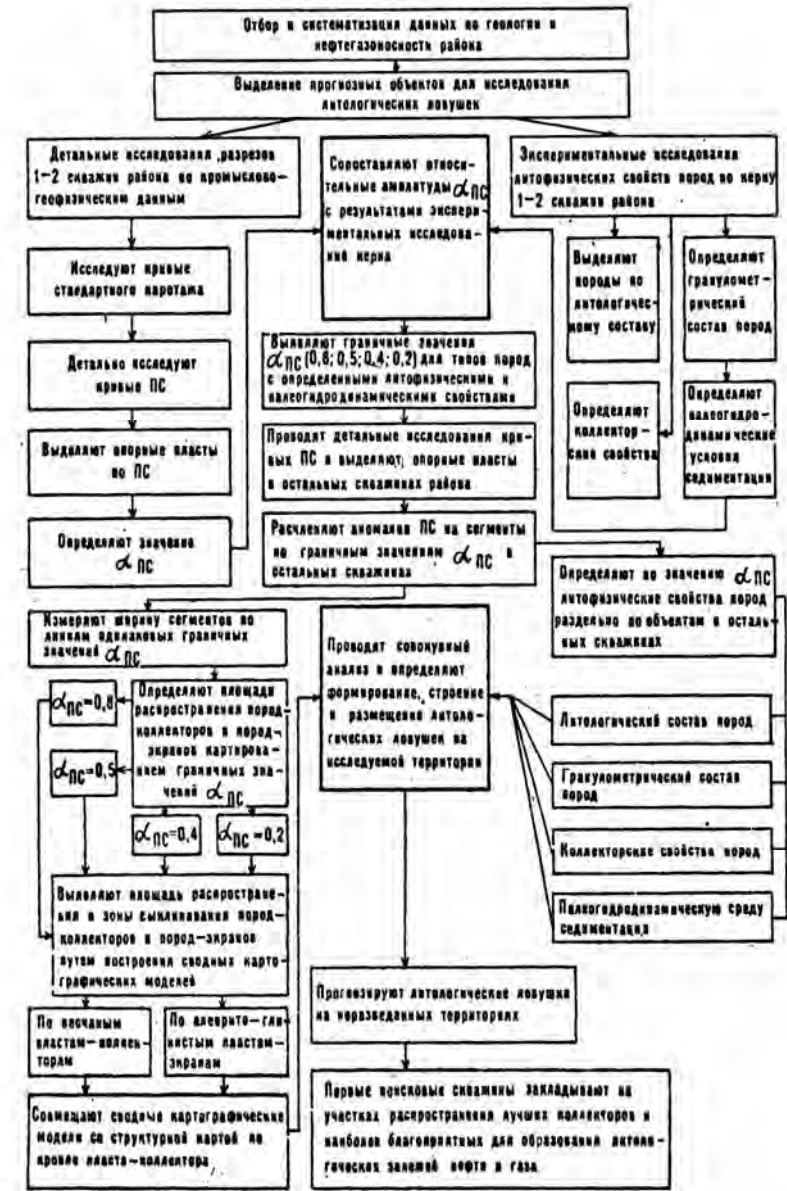


Рис. 91. Схема операций локального прогнозирования песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа.

пространение) за пределами этого района. Последовательность операции показана на рис. 91.
 В пределах песчаного тела устанавливают участки развития наиболее грубых песчаных разностей. Для этой цели используется коэффициент кластичности, представляющий собой отношение мощности крупно- и среднезернистых неглинистых песков к общей мощности песчаных пород:

$$Ккл = P_{Апс0,8} / P_{Апс0,5}$$

Распределение этого коэффициента по площади позволяет выявить зоны с повышенной динамической активностью водной среды, в пределах которых формировались отложения с высокими емкостными и фильтрационными свойствами. Такие зоны чаще всего приурочены к осевым частям песчаных тел. Выявление и картирование этих зон имеет важное значение при локальном прогнозировании коллекторов, и особенно при размещении поисковых и эксплуатационных скважин, поскольку с этими зонами связаны высокие притоки углеводородов.

В качестве примера приведена карта распределения коэффициента кластичности песчаных отложений дельтовых каналов, установленных в X ритме байосского яруса на Жетыбайском месторождении Южного Мангышлака. Как можно видеть на прилагаемой карте (рис. 92), зоны развития наиболее грубозернистых песков как приурочены к осевым, так и смещены в сторону боковых частей песчаных тел, что связано с гидродинамическими особенностями водных потоков. Указанные песчаные тела, пересекающие Жетыбайскую структуру с севера на юг и образующие довольно разветвленную сеть, некогда представляли собой, судя по их расположению, дельтовые каналы и протоки. Наиболее крупные дельтовые каналы с высокими скоростями движения водных масс, в которых накапливались грубые пески, вскрыты скв. 202,6,5 и 50,205. Дельтовые протоки, располагавшиеся к востоку и западу, видимо, имели более слабые течения, что и нашло свое отражение в размере коэффициента кластичности.

В связи со сказанным становится понятным и размещение высокодебитных коллекторов среди песчаных осадков, которые оказываются приуроченными к стрежневым частям наиболее крупных дельтовых каналов. Кроме того, эти карты не только показывают размещение зон высокодебитных коллекторов, но и позволяют осуществлять их прогноз. Аналогичным образом могут быть построены карты качественного состава глинистых пород-экранов (Ккч), отражающие отношение мощности чистых глин к общей мощности алевроито-глинистых пород, образующих покрывку:

$$K_{кч} = P_{Алс0.2} / P_{Алс0.5}$$

Анализ карт мощности глинистых покрывок и карт изменения их качественного состава позволяет судить о строении глинистых пород-экранов.

ЭТАПНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОПЕРАТИВНОГО ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ЛОВУШЕК НЕФТИ И ГАЗА

Разработанная методика оперативного локального прогнозирования песчаных тел и связанных с ними литологических ловушек нефти и газа предусматривает проведение работ в следующей последовательности.

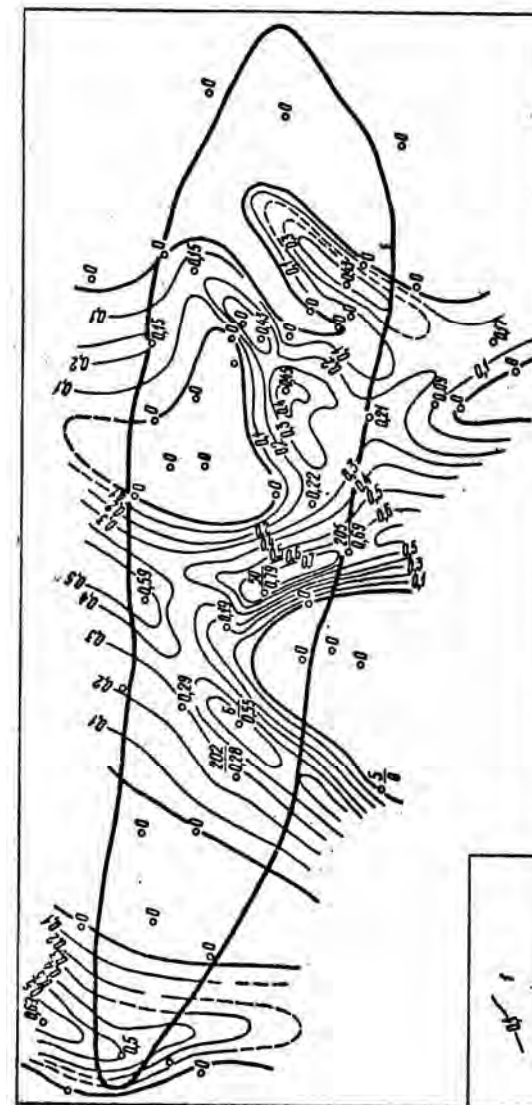


Рис. 92. Карта распределения грубозернистых песков в дельтовых каналах осадков X ритма байосского яруса месторождения Жетыбай (Мангышлак), построенная на основании расчета коэффициента кластичности $K_{кч}$. Составил В. С. Муромцев.

1 — равные значения $K_{кч}$.

I этап. Сбор каротажного материала и обобщение геологических данных по району исследований. На мерном этапе исследований осуществляется сбор каротажного материала, ознакомление с электрометрическим разрезом изучаемого района, проводится коррекция зависимостей между электрометрическими характеристиками и литофизическими свойствами пород. Устанавливается принадлежность изучаемого участка электрометрического разреза к стратиграфическому интервалу (ярус, свита, пачка, продуктивный пласт) местной, а если возможно и региональной стратиграфической схемы. Учитываются имеющиеся материалы по изучению фауны, флоры, обособывающие возраст пород, а также обобщаются данные о геологическом строении изучаемого района и его нефтегазоносности.

II этап. Выделение ритмов в электрометрическом разрезе скважин. На втором этапе работ выявляются и анализируются по различным видам каротажа (главным образом ПС) аномалии кривых, определяется их форма, последовательность смены по разрезу, закономерности расположения в разрезе однотипных аномалий и характер их ритмического чередования. На электрометрических разрезах скважин выделяются ритмы, определяются их типы, измеряются мощности. Путем сопоставления выделенных ритмов с их электрометрическими моделями устанавливают их генезис. Выясняются индивидуальные особенности ритмов. Ритмы, обладающие хорошо заметными особенностями строения и имеющие развитие в пределах всей исследуемой территории, принимаются за маркирующие.

III этап. Детальная ступенчатая корреляция ритмов. Корреляция ритмов осуществляется с учетом их строения, генезиса, изменения мощностей. Многоступенчатость корреляции заключается в том, что вначале осуществляется корреляция наиболее крупных участков разреза — пачек ритмов. Затем интервалы коррелируемых участков электрометрического разреза постепенно сужаются, т. е. коррелируются ритмы более мелких порядков, их части (глинистые, переходные, песчаные), и, наконец, сопоставляются между собой группы аномалий или отдельные аномалии, представляющие собой интервалы прослеживания. Выделение таких интервалов прослеживания или слоев является конечной целью корреляции, поскольку они позволяют выявлять отдельные локально развитые песчаные тела-коллекторы, их индивидуальные особенности строения и размещения.

IV этап. Выбор интервалов прослеживания для детальных исследований. Проведение детальных исследований по каждому из выделенных интервалов прослеживания требует значительного количества времени. В связи с этим в первую очередь изучаются интервалы (слои) наиболее перспективной части разреза, характеризующиеся резкой сменой литологического состава пород в пределах изучаемой площади, т. е. такие интервалы, где наиболее вероятно встретить литологические ловушки нефти и газа. Интервалы

лы, характеризующиеся литологической однородностью, исследуются » последнюю очередь.

V этап. Установление фациальной природы отложений в пределах выбранных интервалов прослеживания (слоев). Установление фациальной природы отложений является подготовительным этапом для проведения детальных палеогеографических реконструкций на изучаемой площади. Определение фаций осуществляется путем сравнения электрометрических характеристик выбранных интервалов прослеживания (слоев) с электрометрическими моделями фаций с помощью разработанной системы диагностических признаков. После того как сходство между ними установлено и определена фациальная природа осадка, по разработанной методике изучаются изменения палеогидродинамических уровней и литологического состава осадков.

VI этап. Палеогеографические реконструкции в пределах выбранных интервалов прослеживания (слоев). На этом этапе осуществляется реконструкция палеогеографических обстановок и определяются основные закономерности пространственного размещения отложений различных фаций и зон их взаимопереходов. В первую очередь выявляются закономерности пространственного размещения фаций, отложения которых обладают наиболее благоприятными коллекторскими свойствами, и зоны их выклинивания, к которым могут быть приурочены литологические ловушки нефти и газа.

Высокими емкостными свойствами обладают песчаные тела, в которых породы-коллекторы образованы отложениями фаций прирусловых отмелей рек, вдольбереговых баров, а также песчаными телами фронтальной части дельтовых комплексов. Во всех этих случаях формировались сложно построенные песчаные тела, достигающие значительной мощности и надежно запечатанные глинистыми породами-экранами. Одной из благоприятных особенностей песчаных тел, сформированных в этих фациальных условиях, является их быстрое выклинивание вкост простирания фациальных зон, значительная мощность и протяженность по простиранию. Образованные ими ловушки могут иметь большую «полезную площадь» и аккумулировать значительное количество углеводородов.

Таким образом, ловушки, связанные с песчаными телами указанного выше генезиса, должны рассматриваться как первоочередные объекты исследований. Выявление закономерностей пространственного размещения отложений различных фаций, имеет решающее значение при осуществлении локального прогнозирования литологических залежей нефти и газа.

VII этап. Картирование песчаных тел-коллекторов и глинистых пород-экранов в пределах интервалов прослеживания. На седьмом этапе выделяются песчаные тела-коллекторы, картируют изменения их мощностей, очерчивают зоны выклинивания.

Устанавливаются количественные характеристики основных свойств пород-коллекторов и пород-экранов (участки развития

коллекторов высоких классов, районы развития покрышек хорошего качества, районы отсутствия покрышек и т. д.). Определяется гипсометрия кровли песчаного пласта-коллектора.

VIII этап. Выделение и прогноз литологических ловушек нефти и газа и их сравнительная оценка. Выявление отдельных песчаных тел, распределение коллекторских свойств слагающих их пород, положение кровли и характер пород-экранов — все это позволяет подойти к выделению ловушек нефти и газа и их сравнительной оценке. При этом необходимо исходить из положения, что возникновение залежей литологического типа имело место, по-видимому, еще до образования структурных залежей и связано скорее всего с первыми перемещениями жидких углеводородов при медленных вертикальных подвижках земной коры.

Поднятия и опускания, наметившиеся на участках, где формировались осадки, генерирующие углеводороды, вызывали их перемещение в земной коре, а следовательно, и аккумуляцию в ловушках, располагающихся на путях миграции углеводородов. Перемещающиеся углеводороды попадали в литологические ловушки, накапливались на участках выклинивания коллекторов, образуя литологические залежи. Они могли сохраняться в них в течение длительных отрезков времени. Такие литологические ловушки могут быть выявлены только путем тщательного литологического, фациального и палеогеографического анализа. Однако при последующих значительных перестройках тектонических планов такие залежи могли частично или полностью расформировываться и создавать новые скопления углеводородов, связанные с более поздними тектоническими перестройками. Литологические залежи также могли образовываться при переформировании и расформировании антиклинальных структур, к которым были приурочены скопления углеводородов. В связи с этим большой интерес вызывают структурные носы, в ряде случаев представляющие собой частично расформированные антиклинальные складки, моноклинали, флексурные перегибы и крылья малоамплитудных структур. В пределах этих тектонических элементов зоны выклинивания песчаных тел далеко не всегда располагаются на их наиболее приподнятых в гипсометрическом отношении участках и контролируются главным образом положением зон выклинивания песчаных тел-коллекторов.

Наибольший интерес вызывают песчаные тела или их части, образующие выступы — литологические карманы, выклинивающиеся вверх по восстанию пород. Такие участки являются литологическими ловушками, с которыми наиболее вероятно могут быть связаны скопления углеводородов. Ловушки этого типа имеют самую различную конфигурацию в плане и должны в первую очередь привлекать внимание геологов-нефтяников.

Локальный прогноз литологических ловушек делают в зависимости от изученности территории. В пределах больших площадей, где песчаные тела, закономерности их пространственного размещения и генезис не известны, в первую очередь изучают геологию песча-

ных тел в пределах отдельных хорошо разбуренных площадей, на которых уже проводились работы по поиску структурных залежей. Используя эти площади как полигоны, в их пределах исследуют закономерности пространственного размещения, строение и генезис песчаных тел-коллекторов. Выявляют и картируют связанные с ними литологические и структурно-литологические ловушки, прогнозируют участки, где могут быть обнаружены пропущенные ловушки или ловушки, не вскрытые в своих наиболее оптимальных частях, где могли сохраняться скопления углеводородов. Такой прогноз в пределах разбуренных участков необходим, так как при поисках структурных залежей скважины размещают главным образом в присводовых частях складок без учета размещения песчаных тел. Это приводит к тому, что залежи углеводородов, связанные с литологическими ловушками, могут быть пропущенными, либо, если они находятся на далеких погружениях крыльев или периклинальных окончаниях, вообще не вскрыты.

После проведения сравнительной оценки выявленных перспективных участков даются рекомендации к доразведке площади, а на основе обобщенных данных и детальных палеогеографических реконструкций осадконакопления для каждого из выделенных интервалов прослеживания строится понятная модель пространственного размещения песчаных тел и связанных с ними литологических и структурно-литологических ловушек.

Основываясь на такой модели, локальный прогноз расширяют на соседние площади, где имеются отдельные поисковые скважины. Разбуривание этих участков позволяет внести коррекцию в разработанную модель и уточнить ее за счет дополнительного фактического материала, собранного с большей территории. Это повышает надежность разработанной модели пространственного размещения песчаных тел-коллекторов и связанных с ними литологических ловушек и увеличивает достоверность локального прогнозирования на неразбуренных участках.

Таким образом, локальное прогнозирование песчаных тел-коллекторов и связанных с ними ловушек литологического типа вначале осуществляется для небольших хорошо разбуренных территорий (полигонов), а затем постепенно распространяется на окружающие неизученные участки по мере ввода их в бурение.

IX этап. Размещение поисковых скважин на разбуриваемых участках.

После того как первые скважины вскрыют песчаное тело (возможную литологическую ловушку углеводородов), следует определить положение его в пространстве и уточнить контуры. Если песчаное тело имеет выдержанное линейное простираание, установленное где-либо на соседних площадях, и палеогеографический анализ подтверждает возможность встретить такие же тела на перспективном участке, то скважины можно располагать по профилю вкрест простираания песчаного тела, как это рекомендовали М. В. Абрамович (1948 г.) и Г. А. Хельквмст [1944 г.]. В этом случае важно наметить простираание, установить зоны выклинивания,

которые затем можно легко трассировать зигзаг-профилем, предложенным К. С. Масловым [1968 г.] и позволяющим более экономно использовать бурение для их прослеживания. Оба эти метода были разработаны на материале Северного Кавказа, где литологические ловушки, связанные с зонами выклинивания песчаных горизонтов морского генезиса, протягиваются вдоль основных структурных линий кавказской складчатой зоны, имеющих субширотные простирания и прослеживающихся на большие расстояния. Значительно сложнее дело обстоит с оконтуриванием изолированных локально развитых песчаных тел в условиях Мангышлака, Среднего Поволжья и Западной Сибири, где литологические ловушки в значительной своей массе образованы то изолированными друг от друга, то сложно построенными (соприкасающимися или вложенными одно в другое) песчаными телами, имеющими, как правило, резко извилистый контур выклинивания.

В таких условиях разбуривание их по поперечным профилям или зигзаг-профилю окажется малоэффективным. Песчаные тела, залегающие в виде отдельных изолированных и сливающихся пятен со сложными контурами выклинивания, наиболее рационально, как нам кажется, разбуривать скважинами, располагая их в виде традиционного треугольника, но так, чтобы вторая скважина была выдвинута в сторону возможного выклинивания, а третья — в сторону предполагаемого развития песчаного тела. В этом случае все три скважины, образующие треугольник, позволят ориентироваться в характере залегания песчаного тела, определении зон его выклинивания и простирания на любом участке площади и для любого генезиса. Для окончательной оценки литологической ловушки с точки зрения содержания в ней залежей углеводородов необходимо бурение скважин, которые размещают в более оптимальных условиях. Расположение поисковых скважин по системе треугольников с обязательным изучением результатов бурения предыдущих скважин является эффективным способом ведения нефтепоисковых работ на залежи литологического типа. В настоящее время ловушки такого типа установлены преимущественно в пределах антиклинальных складок. Это объясняется тем, что литологические залежи в большинстве своем открываются случайно при разбуривании антиклинальных структур. Оценка емкостных свойств литологических ловушек зависит от занимаемой ими площади, мощности и проницаемости пород-коллекторов. Естественно, что в первую очередь будут вводиться в бурение самые крупные и наиболее перспективные ловушки, в которых вероятнее всего можно встретить значительные скопления углеводородов. При разбуривании перспективных ловушек задачей первых поисковых скважин является вскрытие песчаного тела в наиболее приподнятой его части вблизи от предполагаемой зоны выклинивания, где всего вероятнее обнаружение скопления углеводородов. Для выбора участков заложения скважин должны использоваться прогнозные карты расположения песчаных тел в пределах изучаемых

участков. Возможность картирования песчаных тел и зон их выклинивания, изменение литофизических свойств пород и определение контура ловушек дает возможность осуществить более качественный подсчет прогнозных запасов углеводородов. Это достигается прежде всего за счет более точного определения полезной площади и распределения других параметров (раздельно для каждой из выявленных ловушек) с последующим суммированием данных по всем ловушкам, выделенных в данном интервале. Это способствует получению более обоснованного подсчета прогнозных запасов, соответствующего реальным емкостным свойствам выявленных ловушек.

Выявление залежей литологического типа представляется более сложной задачей, чем поиск скоплений углеводородов, приуроченных к антиклинальным структурам, требующей больших объемов бурения и более тщательной проработки геологических данных. Разработанная методика локального прогнозирования ловушек литологического типа направлена на наиболее эффективное решение этой сложной задачи. Предлагаемые этапы работ предусматривают полный комплекс исследований, охватывающий все вопросы — от детального расчленения разреза до размещения скважин. Однако в зависимости от поставленных задач эта программа может быть выполнена полностью или частично для решения какой-то одной задачи (определение фации, палеогеографическая реконструкция). В общем методика разработана для прогнозирования структурно-литологических и литологических ловушек как на стадии поиска, так и на стадиях разведки и доразведки структур. Она весьма эффективна и при разработке месторождений, поскольку дает возможность размещать нефтедобывающие скважины в наиболее продуктивной части песчаного тела и сокращать до минимума число «сухих» скважин. Она также позволяет успешно размещать нагнетательные скважины и более эффективно разрабатывать нефтяные залежи со сложным контуром. Методика может быть с успехом применена и для поиска ловушек структурного типа, так как дает возможность оценивать по данным каротажа коллекторские и экранирующие свойства пород, а также гипсометрическое положение кровли пласта в пределах изучаемой площади, т. е. дает все необходимые данные и для оценки ловушек структурного типа.

Однако применение разработанной методики наиболее эффективно на втором этапе нефтепоисковых работ, когда основной фонд антиклинальных структур разбурен, выявлена перспективность поисков нефти и газа в неантиклинальных ловушках и разведана основная масса структурно-литологических ловушек, т. е. освоен этап, который следует рассматривать как переходный между поисками структурных и литологических ловушек.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ НА ПОВХОВСКОЙ ПЛОЩАДИ И КОГОЛЫМСКОЙ ГРУППЕ СТРУКТУР ШИРОТНОГО ПРИОБЬЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С целью выявления возможностей использования разработанной на Мангышлаке методики в условиях Западной Сибири было решено, провести опытно-методические работы на ряде разведочных площадей, где продуктивные пласты характеризуются наличием сложно построенных зон выклинивания. На территории Широного Приобья работами производственных и научных организаций Главтюменьгеологии выявлено и разведано значительное число залежей нефти и газа структурно-литологического типа. Успешное прогнозирование и разведка их связаны с установленной закономерностью образования ловушек в местах пересечения антиклинальных складок зонами регионального выклинивания продуктивных пластов. Эта закономерность, характерная для мезозойских отложений Западной Сибири, отражена на серии прогнозных карт, выполненных большим авторским коллективом под редакцией И. И. Нестерова.

Значительное число установленных залежей свидетельствует о широком развитии зон выклинивания песчаных пород-коллекторов в пределах Западной Сибири, и в том числе на территории Широного Приобья. Описание особенностей строения, размещения и критерии выделения таких зон можно найти в работах С. В. Архипова, В. И. Белкина, М. М. Бинштока, В. С. Бочкарева, Ю. В. Брадучана, З. Л. Валюженич, Г. И. Высоцкого, Т. И. Гуровой, Л. Е. Еханина, В. А. Корнева, Н. Х. Кулахметова, Г. П. Мясниковой, А. М. Мухер, А. Л. Наумова, И. И. Нестерова, А. С. Николаевой, Г. М. Онищук, М. Я. Руткевича, Ф. К. Салманова, А. И. Сидоренкова, А. П. Соколовского, В. И. Шпильмана, К. А. Шпильмана, Г. С. Ясовича, М. Ю. Эрвье, А.Г. Юдина и многих других.

При выделении зон выклинивания используются различные критерии. Одни авторы придают важное значение смене пластовых давлений, возрастанию числа линз и выклинивающихся прослоев терригенно-карбонатных пород, другие — изменению медианного размера зерен, коэффициенту сортировки, выходу тяжелой и глинистой фракции, прослеживанию коэффициента конкрециенности, уменьшению содержания каолинита, увеличению смешаннослоистых образований и другим признакам [Нежданов А. А., Бородин В. П., Кулахметов Н. Х., 1979 г.; Сидоренков А. И., 1979 г.; Матагоров А. А., 1979 г.; Высоцкий В. Н., 1979 г.; Корнов А. А., 1979 г.; и др.]. Большое внимание уделяется вопросам специализации разведки залежей структурно-литологического типа (И. И. Нестеров, Ю. П. Тихомиров, Б. В. Васильев) и особенностям установления границ выклинивания продуктивных пластов. По рекомендации Главтюменьгеологии для проведения опытно-методических работ были определены пласты БВ₆ на Повховской площади и БС₁₀-БС₁₁ в пределах Коголымской группы структур, имеющие в этих районах сложно построенные зоны выклинивания.

Предполагалось выделить локально развитые песчаные тела, зоны их выклинивания, оконтурить и зартировать связанные с ними литологические ловушки.

Возможность использования разработанной на Мангышлаке методики обосновывалась тем, что мезозойские отложения Западной Сибири и Мангышлака имеют между собой много общего, так как оба эти региона, представляющие собой части молодых эпигерцинских платформ — Западно-Сибирской и Скифско-Туранской, — развивались в сходных условиях. Морские бассейны, существовавшие в юрский и меловой периоды на Мангышлаке и в Западной Сибири, сообщались между собой. Сходные условия осадконакопления в этих бассейнах определяли формирование отложений с близким литологическим составом и физическими свойствами. В обоих регионах мезозойские отложения содержат скопления углеводородов, в том числе в ловушках литологического типа.

В связи с этим разработанная на Мангышлаке методика локального прогноза и картирования песчаных тел была опробована в Западной Сибири на Повховской и Коголымской разведочных площадях.

Повховская площадь. Под этим названием объединены две небольшие по амплитуде и размерам антиклинальные складки — Средневатъеганская и Большая Котухтинская, — в пределах которых развита литологическая ловушка, связанная с отложениями пласта БВ₆ и содержащая скопления углеводородов.

Целью проводимых на этой площади работ было выявление особенностей строения этой ловушки и проверка установленной на Мангышлаке зависимости между литофизическими свойствами пород и их электрометрическими характеристиками в условиях Западной Сибири. Для этого были использованы результаты лабораторных исследований кернового материала, проведенных центральной лабораторией Главтюменьгеологии и лабораторией механического анализа ВНИГРИ в скв. 8, 11, 12, 13, 20, 21, 24, 25, 30, сосредоточенных в южной части Повховской "площади". Исследования подтвердили тесную взаимосвязь между динамикой водной среды, мощностью, структурой и фильтрационными свойствами пород и отражение этой зависимости на электрокаротажных кривых, в частности на кривых ПС. Поэтому для остальной части площади оказалось возможным использовать данные, полученные только в результате интерпретации каротажных кривых в соответствии с изложенной выше методикой.

В пределах Повховской площади был обработан и обобщен материал по 45 электрометрическим разрезам скважин (рис. 93) и получены необходимые параметры для выявления наиболее важных особенностей строения литологической ловушки (рис. 94). Было установлено, что продуктивный пласт БВ₆ представляет собой совокупность сложно построенных, соединяющихся между собой, наложенных друг на друга песчаных тел, вытянутых по простиранию на север-северо-восток. Зона развития песчаных тел прослеживается более чем на

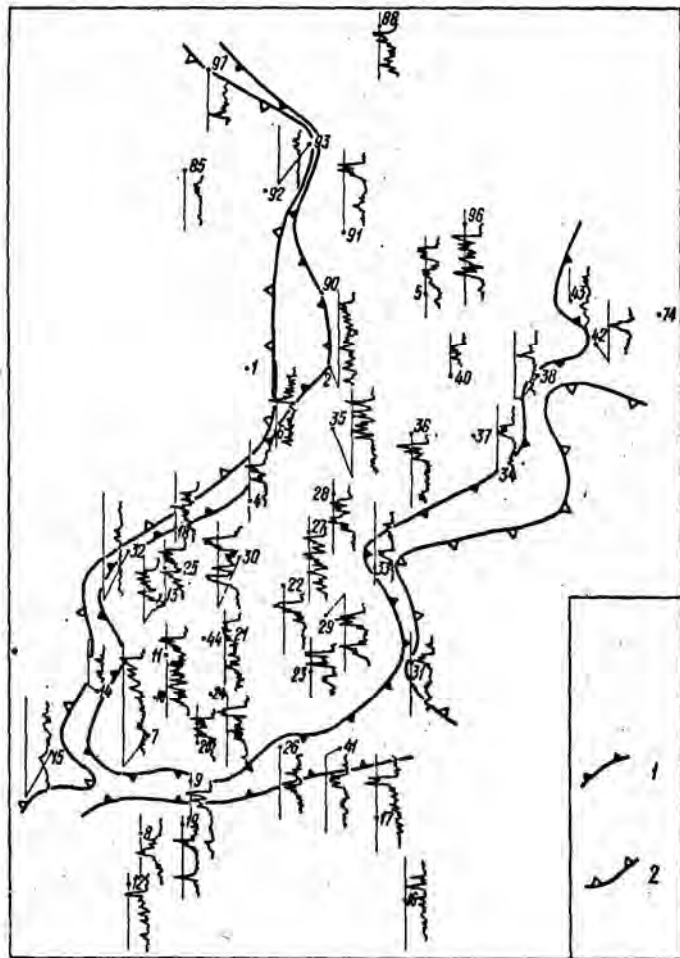


Рис. 93. Схема расположения электрометрических характеристик разреза пласта BB_6 в пределах Повховской площади Западной Сибири. Составил В. С. Муромцев.

Контуры выклинивания: 1 — внутренний, 2 — внешний.

50 км и достигает ширины 12—24 км. Наибольшая суммарная мощность песчаных пород в пределах этой зоны установлена в ее южной и северной частях (14—17 м). К краям песчаного тела мощность пород-коллекторов постепенно сокращается вплоть до полного их выклинивания и замещения глинистыми отложениями. Выклинивание песчаных пород образует полосу шириной 1—4 км, которая окаймляет песчаное тело с запада, юга и востока. К северу зона развития пород-коллекторов, расширяясь, уходит за пределы рассматриваемой территории.

Условия формирования песчаного тела, а следовательно, структурные особенности и коллекторские свойства слагающих пород

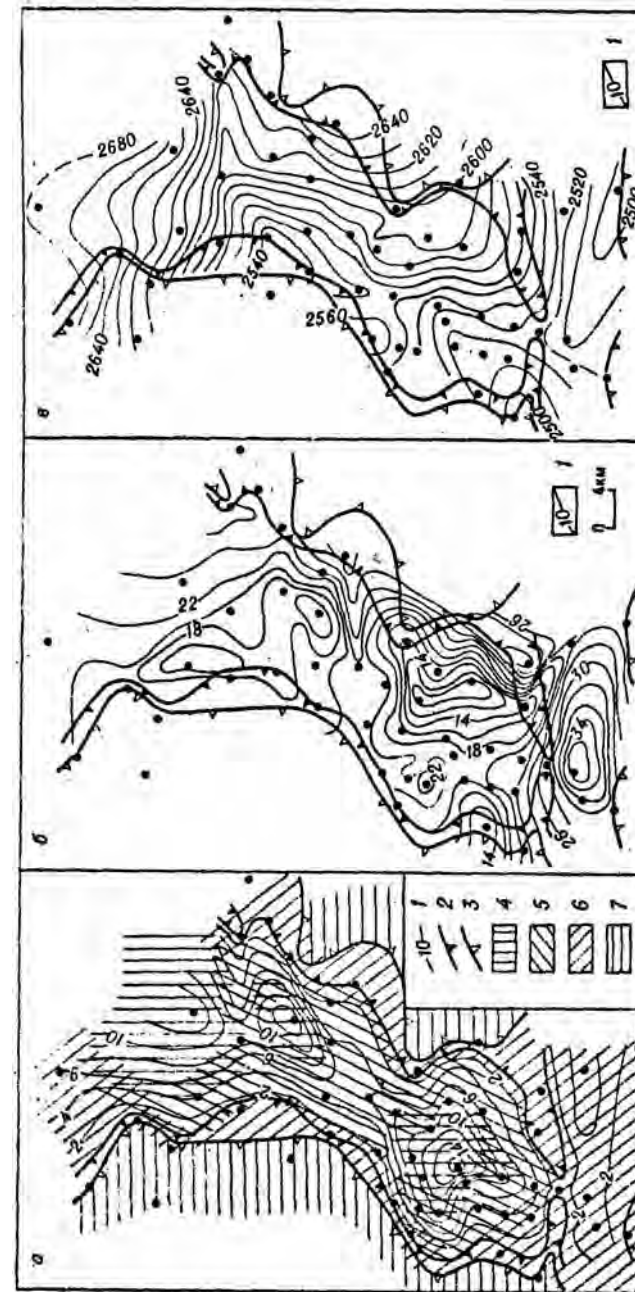


Рис. 94. Строение литологической ловушки пласта BB_6 Повховской площади. Составил В. С. Муромцев.

а — карта песчаного тела и зон его выклинивания; 1 — контур выклинивания; 2 — мощность песчаного тела; 3 — внешний; 4 — карта мощности глинистых пород-коллекторов; 5 — мощность пород-коллекторов; 6 — карта мощности глинистых пород-коллекторов; 7 — мощность пород-коллекторов; 8 — структурная карта по кровле песчаного тела; 9 — изогипсы кровли в абсолютных отметках.

в различных его частях были неодинаковы. Так, формирование осевой части песчаного тела происходило в условиях наиболее высоких энергетических уровней водной среды, обусловивших накопление главным образом слабглинистых мелкозернистых, реже среднезернистых в разной степени алевритовых песчаников. Мощность этих отложений составляет не менее 6—10 м и достигает на некоторых участках (районы скв. 21, 40) 14—17 м. Фильтрационные свойства пород характеризуются преимущественным развитием коллекторов IV и III классов.

В направлении к краевым частям песчаного тела с уменьшением мощности пород-коллекторов (до 3—2 м) и динамической активности формирующей их водной среды отмечаются изменения в структуре осадков и их коллекторских свойствах. В песчаных образованиях возрастает роль алевритового и глинистого материала, что приводит к снижению их фильтрационных свойств. Среди этих пород преобладающее развитие получают коллекторы IV и V классов.

В зоне выклинивания песчаного тела (2—0 м) развиты главным образом глинисто-алеврито-песчаные породы, формирование которых происходило в условиях весьма низкой динамической активности водной среды, способной транспортировать обломочный материал размером не более 0,1 мм. По своим фильтрационным свойствам эти отложения относятся к коллекторам V и VI классов. За пределами этой зоны развиты преимущественно глинистые и алеврито-глинистые непроницаемые отложения. Поэтому внешний контур этой зоны можно считать границей развития коллекторов промышленного типа. Наиболее высокое гипсометрическое положение песчаного тела (—2500.—2520 м) отмечается в его юго-западной части (скв. 15, 16, 19). К северу и северо-востоку кровля песчаного тела постепенно погружается и достигает в районе скв. 34, 43 абсолютной отметки —2620 — —2650 м.

Таким образом, проведенные на Повховской площади исследования по электрометрическим данным и частично керновому материалу отложений пласта БВ₆, соответствующего песчаной части ритма, позволили выделить и зарисовать песчаное тело, зоны его выклинивания, особенности изменения литологического состава, мощностей и коллекторских свойств слагающих его пород. Кроме того, эти исследования подтвердили возможность использования предложенной методики обработки и геологической интерпретации кривых ПС в условиях Западной Сибири. Следует отметить, что полученные по Повховской площади данные по размещению песчаного тела и связанной с ним литологической ловушки достаточно хорошо согласуются с материалами Главтюменьгеологии. Все это дает основание полагать, что разработанные методы применимы при изучении нижнемеловых отложений в районах Широного Приобья. Коголымская площадь объединяет группу структур (Ягунскую, Коголымскую, Тевлинскую и Кочевскую), расположенных в 150 км к север-северо-востоку от Сургутского свода. Наиболее крупными среди перечисленных структур являются Ягунская и Коголымская,

в пределах которых Главтюменьгеологией в отложениях нижнего мела (продуктивный пласт БС₁₁) были обнаружены две структурно-литологические залежи нефти и газа. Продуктивные пласты БС₉ — БС₁₁ имеют сложное строение. Каждый из них образован несколькими простыми и сложно построенными песчаными телами, имеющими извилистый контур выклинивания и разделенными глинистыми породами-экранами.

По рекомендации Главтюменьгеологии участок разреза, включающий пласты БС₉—БС₁₁ в пределах Коголымской группы структур, был выбран в качестве объекта для практического использования разработанной методики палеогеографических реконструкций условий осадконакопления, выделения и локального прогноза приуроченных к этим пластам структурно-литологических и литологических ловушек. С этой целью в изученном интервале разреза были выделены ритмы различных порядков и проведена их корреляция. Для группы Коголымских структур в отличие от Повховской площади построение карт проводилось не для всей песчаной части ритма в целом, а отдельно для каждого интервала прослеживания или слоя, соответствующего ритму более мелкого порядка. Корреляция электрометрических разрезов осуществлялась по методу «от скважины к скважине», при этом сопоставлялись между собой не только пакки ритмов и ритмы разных порядков, но и их составляющие, т. е. группы аномалий и даже отдельные аномалии.

Проведение такой детальной корреляции разрезов скважин позволило выделить песчаные тела-коллекторы даже относительно небольшой мощности. Изучение глинистых частей ритмов более мелких порядков ограничивалось анализом карт изменения мощностей пород-экранов, поскольку их формирование происходило в морских условиях, обусловивших однородный состав и хорошие экранирующие свойства глинистых отложений. Выделение, картирование и локальное прогнозирование литологических ловушек в пределах Коголымской площади осуществлялось по разработанной методике без использования керна материала.

В настоящей работе нет возможности привести результаты исследований по всем трем пластам БС₉—БС₁₁, в каждом из которых выделено по три слоя (интервала прослеживания) и для каждого из них составлено по 8 карт. В качестве примера, иллюстрирующего возможности разработанной методики, нами приводятся данные обработки лишь трех слоев. Два из них относятся к верхней и нижней частям горизонта БС₁₀⁶ (составляющего нижнюю половину пласта БС₁₀) и выделяются под индексами БС₁₀¹ и БС₁₀³. Третий слой (БС₁₁³) приурочен к нижней части продуктивного пласта БС₁₁. Такая дробная индексация нами введена для обозначения отдельных горизонтов и слоев (интервалов прослеживания), на которые расчленяются продуктивные пласты БС₉—БС₁₁ в пределах Коголымской группы структур. Выделенные в пластах горизонты обозначаются буквами, а входящие в них слои — арабскими цифрами. Нумерация пластов, горизонтов и слоев проводилась сверху вниз по ходу вскрытия

Песчаное тело БС₁₀¹-I расположено в северо-западной части Коголымской структуры, где образует линейно вытянутую полосу шириной около 19 км, протягивающуюся на северо-запад на 27 км и уходящую за пределы изученной площади. С северо-запада и юго-востока песчаное тело ограничено зонами выклинивания. Мощность слагающих его песчаных пород не превышает 6—7 м. Наибольшие значения (4—6 м) приурочены к осевой зоне песчаного тела.

Песчаное тело БС₁₀¹-II-III размещены к юго-востоку от предыдущего: первое — в северной, второе — в южной частях исследуемой площади. Оба песчаных тела линейно вытянутые. Они прослеживаются с юго-запада на северо-восток и в пределах изучаемой площади представлены своими периклинальными окончаниями. Однако БС₁₀¹-II имеет ширину 7 км и прослежено на 18 км, а БС₁₀¹-III при ширине 6 км — на 5 км. Мощность обоих песчаных тел не превышает 2 м.

Песчаные тела БС₁₀¹-IV-V имеют ограниченное развитие в восточной части площади и представлены своими краевыми частями в районах скв. 58 и 55, где мощность не превышает 2 м (рис. 96). Лучшими коллекторскими свойствами (III и IV классы) обладают породы, приуроченные к осевой части наиболее крупного песчаного тела I. Для его периферийных частей характерно развитие коллекторов IV—V классов. Для всех остальных песчаных тел, выявленных в исследуемом районе, преобладающими являются V—VI классы коллекторов (рис. 96, б).

Глинистые породы-экраны, покрывающие песчаные тела, характеризуются значительной изменчивостью мощностей (рис. 96, в). Наименьшие мощности глин приурочены к осевой части I песчаного тела, где они колеблются в пределах 10—8 м имея тенденцию некоторого уменьшения в северном направлении. Наибольшие значения мощностей отмечаются в скв 35 и 38, где они составляют 20 м. В пределах Ягунской складки мощность глинистых покровов над телами II, III, IV, V сокращается до 6—10 м.

Структурная поверхность по кровле слоя БС₁₀¹ образует ряд антиклинальных складок (рис. 96, г). Наиболее крупной из них является Коголымская структура. Кровля изучаемого песчаного пласта в пределах свода этой структуры занимает наиболее высокое гипсометрическое положение (-2228 м, скв. 21). Второй крупной структурой является Ягунская, южный свод которой достигает -2260 м, а северный -2276 м. Наиболее погруженная часть этой поверхности зафиксирована в скв. 85 на абсолютной отметке -2334 м. Выявленные песчаные тела залегают на различных глубинах. Наиболее высокое гипсометрическое положение среди них занимает самое крупное песчаное тело БС₁₀¹-I, располагающееся на северо-западном крыле Коголымского поднятия. Зона его выклинивания на юго-востоке проходит через сводовую часть Коголымской структуры. Поэтому из всех выпиленных здесь песчаных тел наиболее интересным с точки зрения поисков резервуаров для скопления углеводо-

является песчаное тело БС₁₀¹-I. Выявленные краевые или периклинальные окончания остальных песчаных тел, вероятно, представляют собой части более крупных аккумулятивных образований, располагающихся за пределами исследуемой площади.

Слой БС₁₀³. Слой приурочен к низам продуктивного пласта БС₁₀. От рассмотренного выше он отличается электрометрическими характеристиками, сложными очертаниями зон выклинивания песчаных тел, иным размещением их осевых частей. Песчаные отложения развиты в центральной и восточной частях площади (в пределах Коголымской и Ягунской структур), в то время как на западе и северо-западе (Тевлинская и Кочевская структуры) они замещаются глинистыми осадками (рис. 97, а). Анализ палеогидродинамических уровней среды седиментации показал, что они испытывали значительные изменения в пределах Коголымской группы структур в период формирования слоя (рис. 98, б). Наиболее высокие (очень высокие и высокие) уровни седиментации имели место в северо-восточной части площади (скв. 51, 52, 56, 60) и прослеживаются в юг-юго-западном направлении (район скв. 36). Участки наиболее низких палеогидродинамических режимов (очень низкий и низкий) располагались в западной части площади, а также в районе скв. 54, 55, 57, 58, 84.

В соответствии с палеогидродинамическими режимами происходило формирование отложений того или иного литологического состава. Так, на северо-востоке и востоке площади, в районе Северо-Ягунской и присводовой части Коголымской структур, отлагались неглинистые песчаники. В пределах южной части Ягунской и на большей части Коголымской структур были распространены песчаники мелкозернистые, переходящие в песчано-алевритовые и алеврито-глинистые породы. Эти породы замещались вкрест простирания песчаных тел алевролитами и глинами (рис. 98, в).

Палеогеографические реконструкции, проведенные по электрометрическим моделям фаций с учетом пространственного изменения палеогидродинамических условий формирования и литологического состава пород, показали, что в северо-восточной и восточной частях исследуемой площади располагалась краевая часть крупного подводного конуса выноса или подводного склона дельтового комплекса (скв. 51, 52, 60). На крутых склонах этого крупного подводного конуса выноса возникали стоковые течения, выносившие к его подножию и в прилегающую часть морского шельфа обломочный материал; представленный преимущественно мелкозернистыми песками и алевритами. Этот материал накапливался в головных частях стоковых течений, образуя более мелкие конусы выноса. Один из таких конусов выноса стокового течения располагался, по всей вероятности, в районе скв. 36. От этих конусов выноса терригенный материал в свою очередь разносился подводными течениями в северо-западном, юго-западном и южном направлениях, формируя языкообразные песчаные выступы. Последовательное образование нескольких постепенно уменьшающихся конусов выноса указывает на пульсирующий

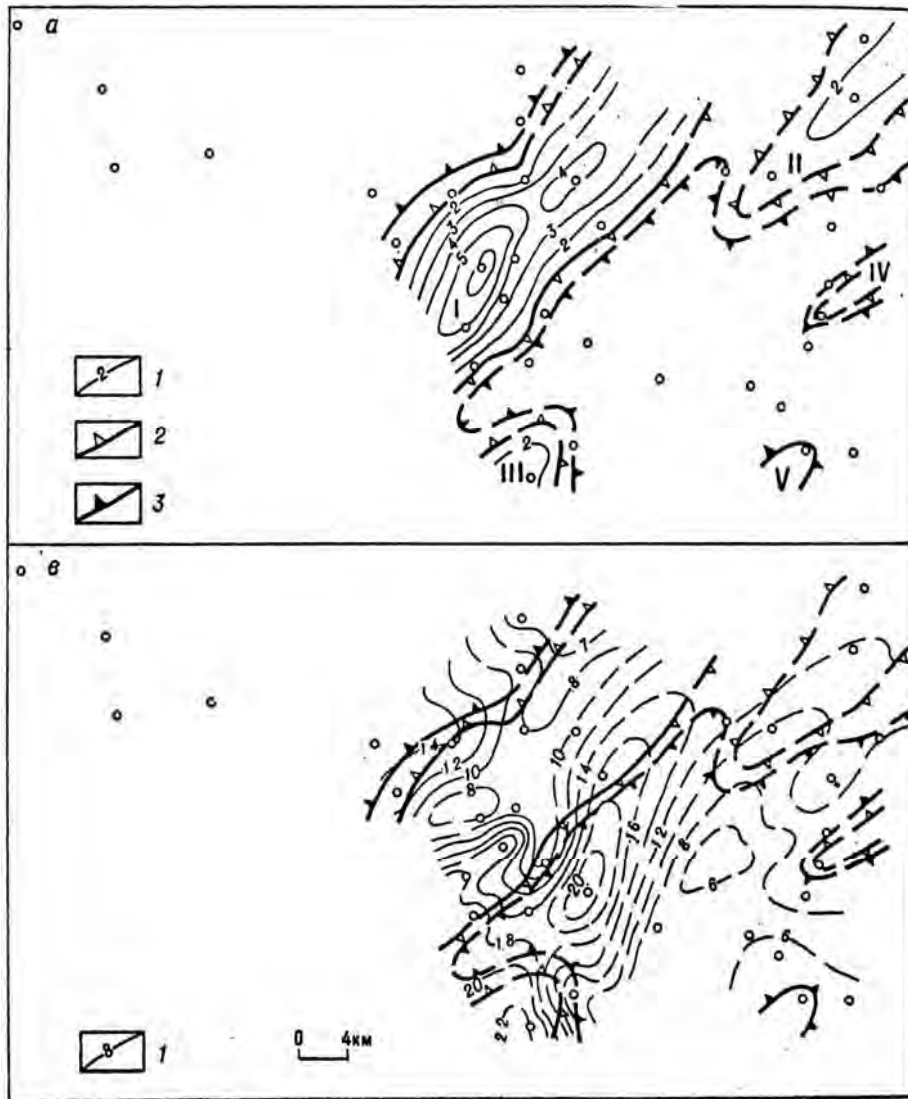
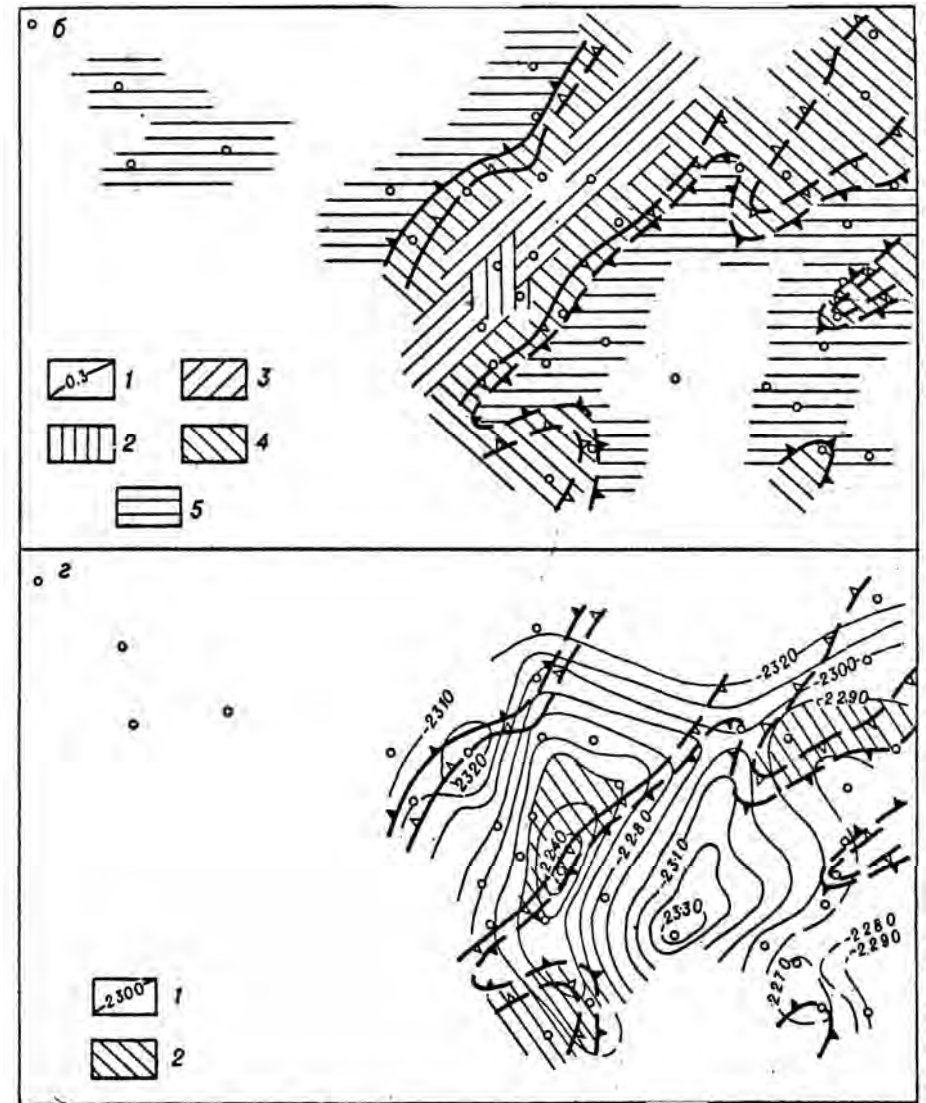


Рис. 96. Локальный прогноз песчаных тел — возможных литомыской группы структур

a — строение и пространственное размещение песчаных тел и зон их выклинивания
 2 — внутренний, 3 — внешний; б — распределение пород-коллекторов (по классам коллекторов: 2 — III-IV, 3 — IV-V, 4 — V-VI, 5 — VI); *a* — распределение
 г — прогноз песчаных тел-коллекторов и выявление литологических ловушек литологические



логических ловушек нефти и газа слоя БС₁₀ в районе Кого- (по Р. К. Петровой).

банья. 1 — изопакеты песчаных пород; контур выклинивания песчаных тел; классам) и коэффициент кластичности. 1 — коэффициент кластичности; ление мощности глинистых пород-экраниров. 1 — изопакеты глинистых пород; нефти и газа. 1 — изогипсы кровли слоя; 2 — структурно-литологические и ловушки.

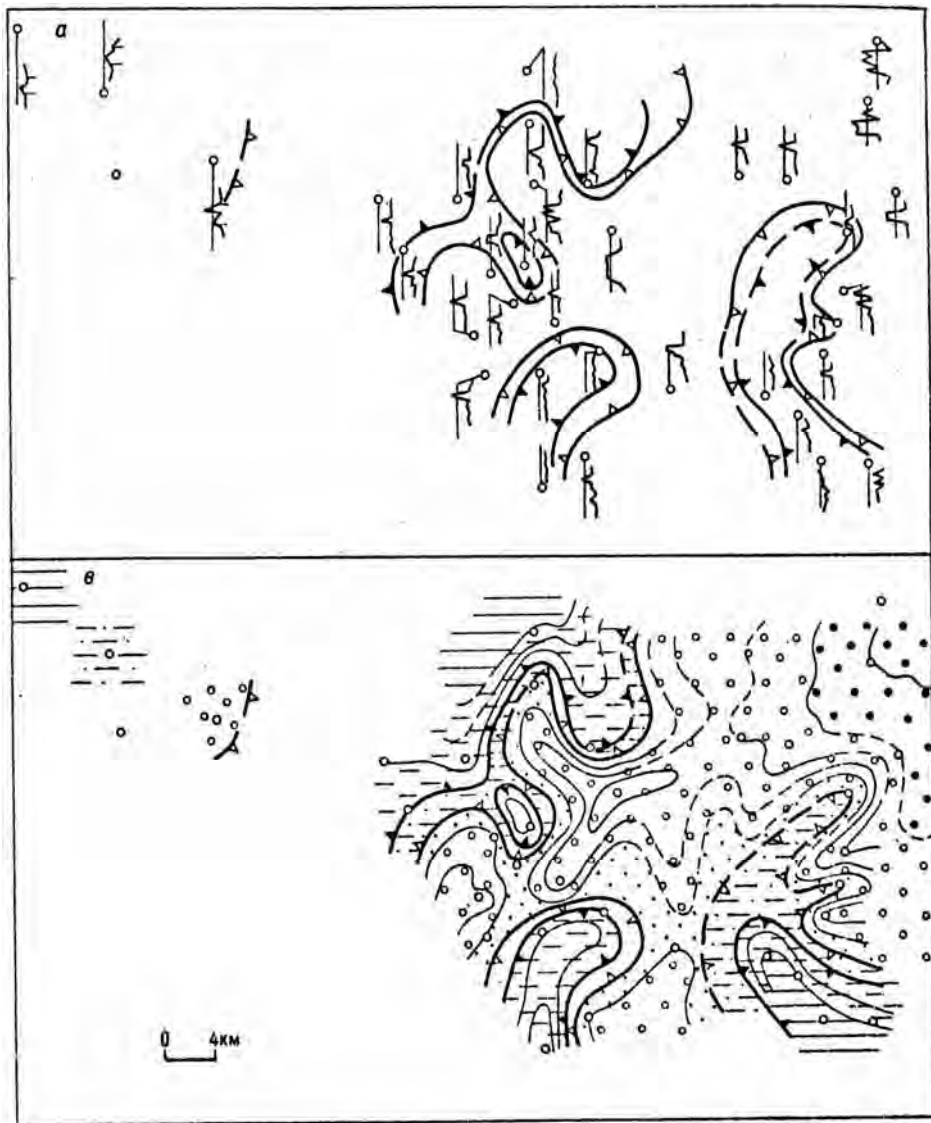
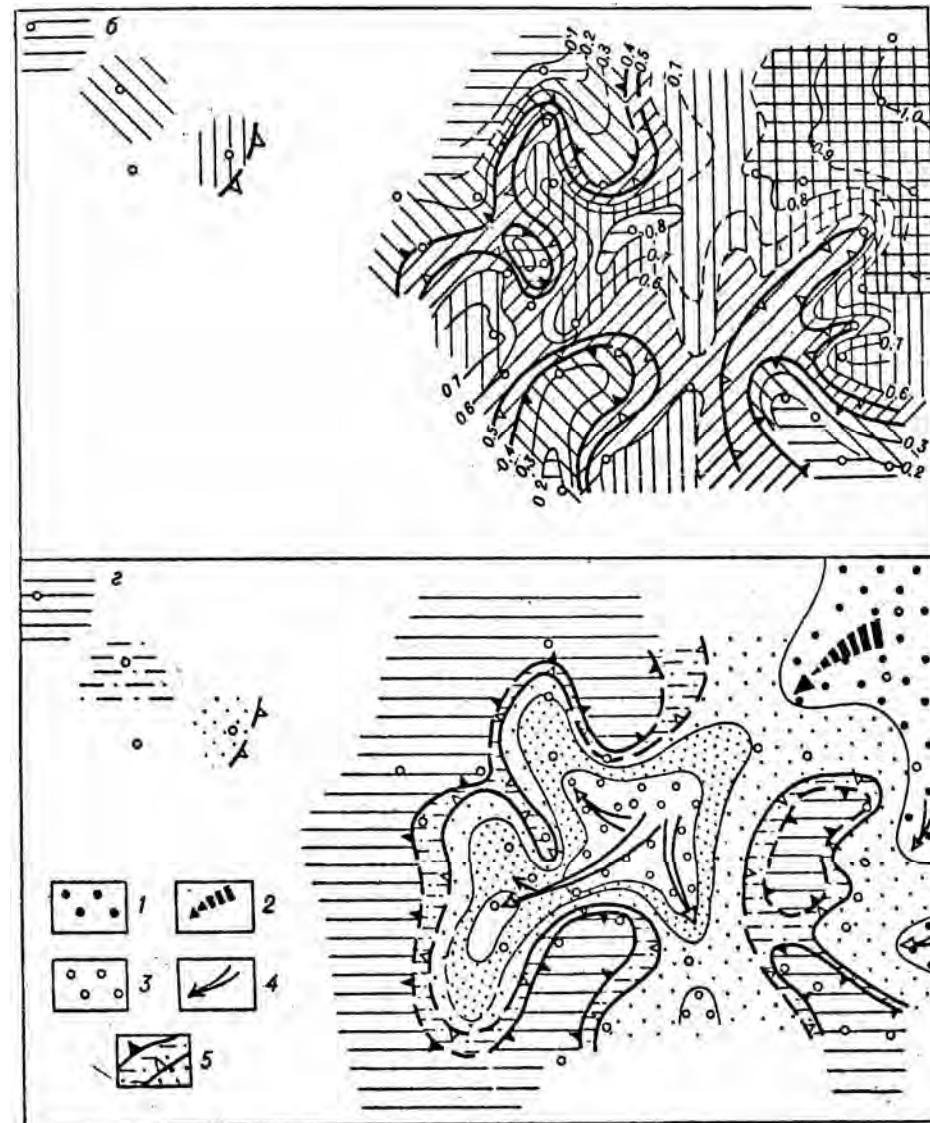


Рис. 97. Палеогеографические реконструкции слоя BC₁₀ в характере

а - электрометрические характеристики слоя; б - расположение палеогеографического контура пород; в - палеогеографическая реконструкция; 1 - подтопыры; 2 - конусы выноса стоковых течений; 3 - направление стоковых течений; 4 - направление стоковых течений. Остальные обозначения ай.



района Коголымской группы структур по электрометрическим ристикам.

а - электрометрические характеристики слоя; б - расположение палеогеографического контура пород; в - палеогеографическая реконструкция; 1 - подтопыры; 2 - конусы выноса стоковых течений; 3 - направление стоковых течений; 4 - направление стоковых течений; 5 - выклинивание песчаных и алевроитовых пород в основании конусов выноса те же, что на рис. 96.

характер стоковых течений, имевших место на морском мелководном шельфе нижнемелового моря, существовавшего в пределах Коголымской группы структур.

Р. К. Петровой [57] приведено следующее описание тел этого слоя, изменения их коллекторских свойств, положения кровли пород-коллекторов и характера распределения мощностей экранирующих их глинистых пород (рис. 98).

Песчаное тело BC_{10}^3-I располагается в центре исследуемой территории и приурочено к северо-восточной части Коголымской структуры. Для него характерны значительные размеры и относительно большая мощность. Песчаное тело имеет треугольные очертания (рис. 98, а). В центральной части тела мощность песчаных пород достигает 19 м, довольно резко сокращаясь к его периферийным зонам. От центральной части песчаного тела отходят два выступа: один в северо-западном, а другой в юго-восточном направлениях. Оба выступа направлены в стороны наибольших погружений структурной поверхности. На северо-востоке это песчаное тело соединяется с песчаным телом II, приуроченным к Ягунской складке.

Песчаное тело BC_{10}^3-II приурочено к северо-восточной периклинали Ягунской структуры и представляет собой краевые части вероятно крупного песчаного образования, расположенного за пределами изучаемого района. На Ягунской структуре его мощность 4-12 м, причем в скв. 52, где зафиксирована наибольшая мощность песчаных пород (12 м), отмечается слияние изучаемого тела с вышележащим BC_{10}^2-I . Контакт между этими телами имеет эрозионный характер, поэтому мощность песчаного тела BC_{10}^3-II в этой скважине, скорее всего, неполная. В южном и юго-западном направлениях это тело выклинивается.

Песчаное тело BC_{10}^3-III протягивается вдоль западного крыла Коголымской структуры в субмеридиональном направлении. Наибольшая мощность зафиксирована в скв. 28, где она достигает 4 м. Тело выклинивается в северо-западном, северо-восточном и юго-восточном направлениях. Южная периклинали не установлена. Кроме описанных песчаных тел в пределах площади ориентировочно намечаются периклиналильные окончания еще двух песчаных тел, расположенных к востоку от скв. 59 на юге Ягунской структуры и к югу от скв. 85 между Ягунской и Коголымской складками. Оба эти тела выделены условно и требуют проверки.

В восточной части рассматриваемой площади развиты наиболее грубообломочные разности пород с коэффициентом кластичности 0,7-0,9 (рис. 98,б). Особенности распределения этих пород по площади и характер электрокаротажных кривых свидетельствует о существовавших на этих участках в период накопления слоя BC_{10}^3 высоких и очень высоких палеогидродинамических режимов водной среды.

Коллекторские свойства пород меняются в значительных пределах. Наиболее высокие классы коллекторов (III-IV) установлены на северо-восточной периклинали Ягунской структуры в районе разви-

тия II песчаного тела (скв. 52, 51). Вторым участком, на котором развиты высокодебитные коллекторы, является северо-восточная часть северной периклинали Коголымской структуры и ее далекое погружение. Развитые здесь коллекторы с преобладанием III—IV классов в сторону свода этой структуры несколько ухудшаются: их проницаемость понижается до IV—V классов. Породы-коллекторы этих классов преобладают на большей части территории, занятой песчаными породами, за исключением зон выклинивания, где наибольшее развитие получают коллекторы V—VI классов.

Глинистая покрышка под слоем BC_{10}^3 изменяется в мощности от 0 до 10 м (рис. 98, в). Наименьшая ее мощность отмечается в районе Ягунской структуры, где над II песчаным телом она составляет 1—4 м, постепенно увеличиваясь в сторону его выклинивания. На севере структуры, в районе скв. 52, покрышка отсутствует. В результате полного размыва покрывающих слой глинистых пород и частичного размыва отложений II песчаного тела на этом участке образовалось эрозионное окно, что резко снижает перспективность этого района, несмотря на развитие здесь песчаных пород значительной мощности и с хорошими коллекторскими свойствами. На остальной территории мощность глинистых пород-экранов изменяется от 6 до 10 м. Причем над осевыми участками песчаных тел (I и III) она наименьшая (6—8 м), а в направлении к их периферийным частям постепенно увеличивается.

В гипсометрическом положении кровли слоя BC_{10}^3 фиксируются две антиклинальные складки — Ягунская и Коголымская, — разделенные седловиной. Абсолютные отметки в своде Коголымской структуры составляют -2251 м, в пределах северного свода Ягунской структуры -2298 м, южного -2290 м. Коголымская складка по изолинии -2290 м образует замкнутую структуру с характерными для нее четырехугольной северной и треугольной южной периклиналями. Ягунская антиклиналь имеет два свода, из которых южный на 8 м превышает северный.

Слой BC_{11}^3 . Анализ электрометрических характеристик слоя BC_{11}^3 показал, что песчаные породы-коллекторы располагаются в восточной части рассматриваемой площади. Зона их наибольших мощностей прослеживается в направлении, близком к меридиональному (на север-северо-восток, скв. 51, 52, 64, 62, 85, 44). Линия выклинивания песчаных и песчано-алевритовых пород также имеет субмеридиональное простирание и прослеживается от скв. 27 на севере до скв. 38 на юге. К западу от этой линии песчаные породы в рассматриваемом интервале разреза отсутствуют.

Картирование палеогидродинамических уровней дало возможность установить характер их изменения в пределах изучаемой площади. Очень высокая динамика среды седиментации имела место на востоке площади, в районе скв. 51, 52, 53, 56, 60, 64, а на юге — в пределах скв. 44.

В западном и южном направлениях активность среды седиментации резко сокращается, достигая очень низкого и низкого палео-

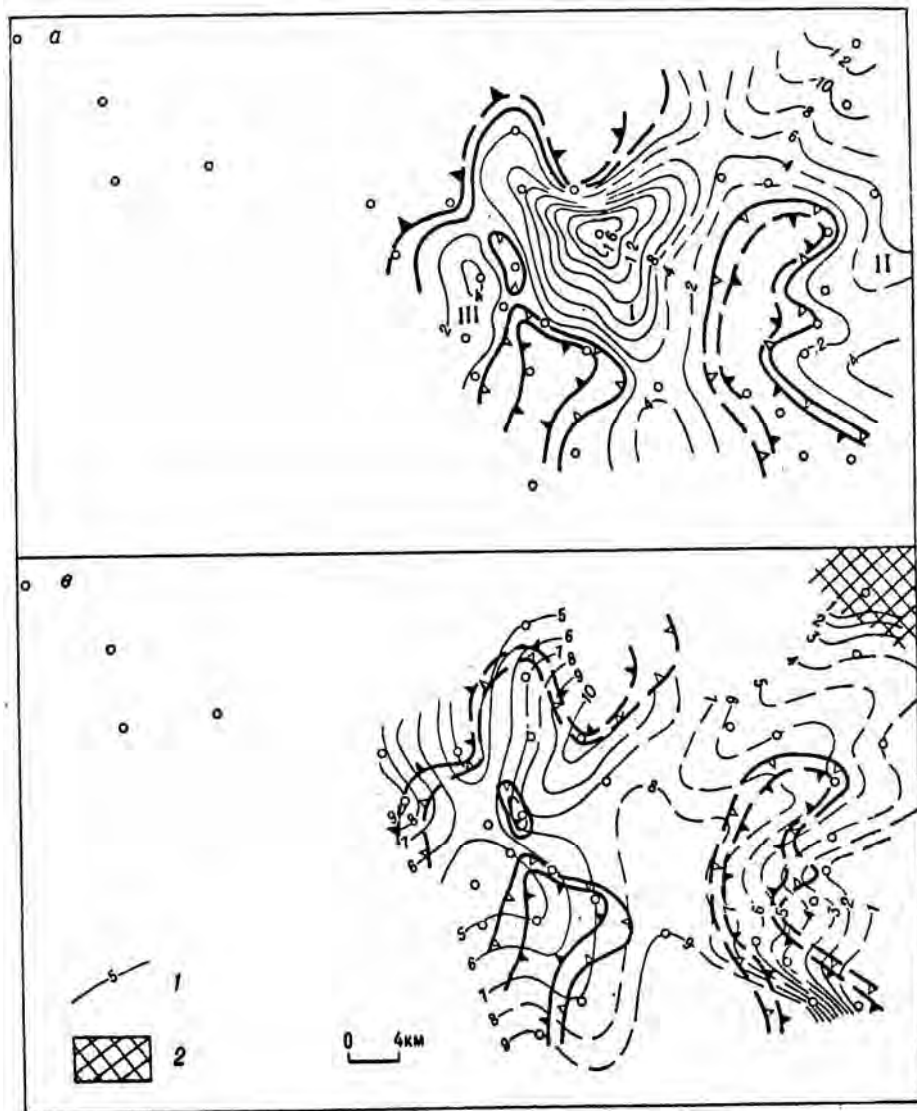
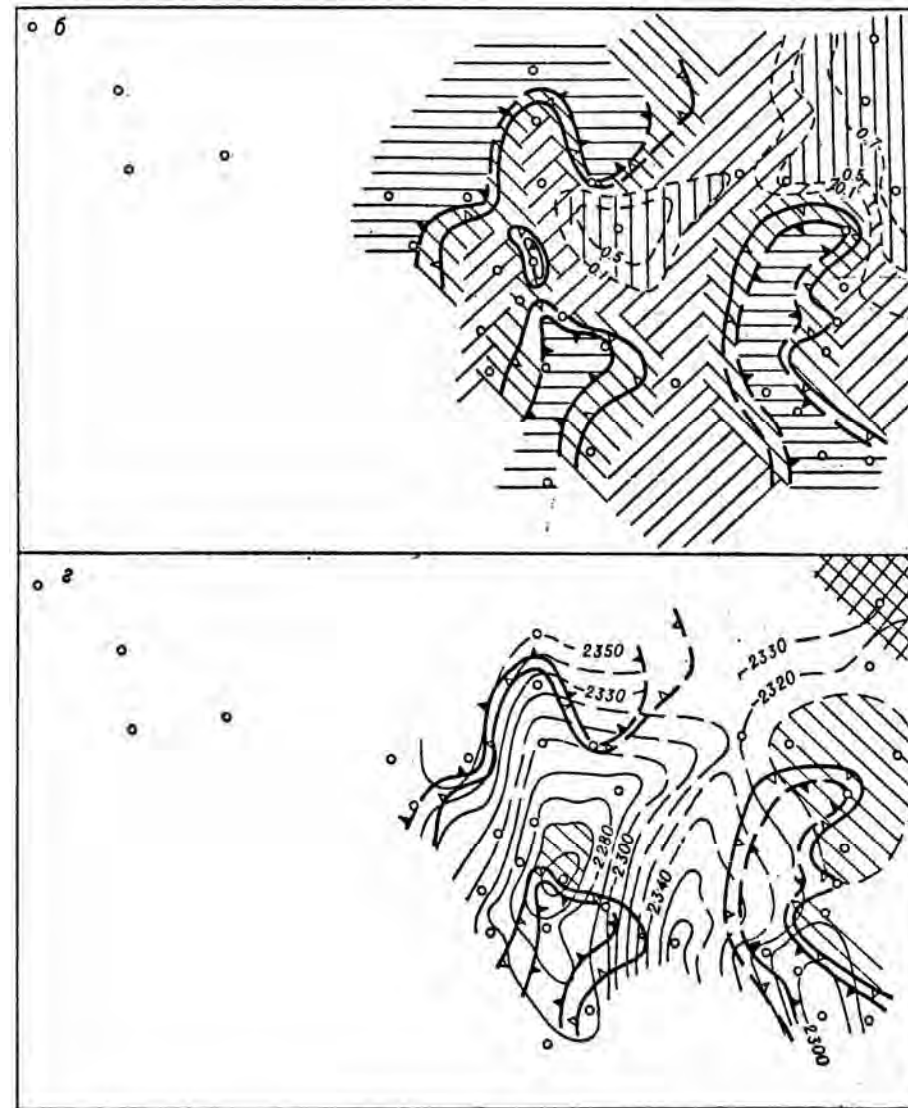


Рис. 98. Локальный прогноз песчаных тел — возможных Коголымской группы

а — строение и пространственное размещение песчаных тел и зон их выкликиваемости; б — распределение мощности единичных пород экранов и литологических ловушек нефти и газа.



литологических ловушек нефти и газа слоя БС_{1а} в районе структур (по Р. К. Петровой).

нивания; б — распределение пород-коллекторов (по классам) и коэффициента (1 — отсутствие пикришки); з — прогноз песчаных тел-коллекторов и выявление литологических ловушек нефти и газа. Остальные обозначения те же, что на рис. 96.

гидродинамических уровней. Лишь в районе скв. 22, 24, 28 отмечается некоторое возрастание режимов седиментации до средних уровней. В соответствии с палеогидродинамическими условиями происходило распределение терригенного материала в пределах данной площади. В ее северо-северо-восточной части формировались среднезернистые неглинистые песчаники. Особенно широкое развитие имели мелкозернистые песчаники, покрывающие основную часть изучаемой площади (рис. 99). Эти песчаники в сторону выклинивания переходят в песчано-алевролитовые породы, которые в свою очередь сменяются алевролитами и глинами.

Анализ формы кривых ПС и расчет коэффициента кластичности показали, что песчаные отложения формировались в условиях подводных стоковых течений, выносивших терригенный материал с востока и северо-востока. Более слабые течения переносили этот материал дальше по шельфу в южном направлении, образуя мелкие конуса выноса. Один из таких небольших конусов выноса и располагался, видимо, в районе скв. 44, образуя языкообразный выступ, сложенный песчано-алевролитовыми породами, выклинивающимися к западу, югу и юго-востоку.

Анализ мощностей песчаных пород дает основание выделять четыре прилегающих песчаных тела (рис. 100).

Песчаное тело БС₁₁³-I располагается в южной части Ягунской площади, в районе скв: 53, вскрывшей, видимо, его западную периклиналь. Основная часть песчаного тела, судя по распределению коэффициента кластичности, размещается к востоку от рассматриваемой территории.

Песчаное тело БС₁₁³-II располагается в северной части Ягунской структуры, в районе скв. 56, 58, 59. Оно также представлено лишь своей западной периклиналию. Осевая его часть, имеющая, вероятно, субширотное или близкое к нему простирание, расположена за пределами района исследования. Мощность вскрытой части (скв. 59) не превышает 10 м.

Песчаное тело БС₁₁³-III является наиболее крупным в пределах изучаемой площади. Мощность его в скв. 62 достигает 25 м. Его осевая часть располагается в северной части площади, в седловине между северными периклиналиями окончаниями Ягунской и Коголымской структур. Мощность песчаного тела постепенно сокращается в западном, восточном и южном направлениях.

Песчаное тело БС₁₁³-IV расположено в пределах периклинали Коголымской структуры, где мощность песчаных пород достигает 10 м. Осевая часть тела располагается к югу от скв. 44 за пределами исследованной территории.

Рассмотренные выше песчаные тела сливаются своими краевыми и периклиналиями частями, образуя сплошной песчаный покров, выклинивающийся в районе присводовой части Коголымской структуры, Преобладающее развитие грубообломочных разностей пород в составе песчаных тел наблюдается в восточной части площади, где коэффициенты кластичности достигают значений 0,7—0,8.

Распределение этих значений по площади неравномерное и образует вытянутые на северо-северо-восток узкие полосы, представляющие, видимо, каналы стоковых течений, в пределах которых существовали высокие палеогидродинамические уровни осадконакопления и формировались относительно более грубые отложения.

Особенностями формирования и строения песчаных тел обусловлен и характер изменения коллекторских свойств слагающих их пород. Наиболее высокие коллекторские свойства характерны для осевых частей песчаных тел (III—IV классы), на остальных участках преимущественное развитие имеют породы IV—V классов коллекторов.

Мощность глинистых пород, покрывающих песчаные тела, в пределах Коголымской структуры 11—24 м, в то время как на Ягунской их мощность сокращается от 10 до 3 м. Наиболее высокое гипсометрическое положение кровли слоя БС₁₁³ приурочено к сводовой части Коголымской структуры (-2330 м) и к южному своду Ягунской складки (-2339 м). Более низкое гипсометрическое положение кровли отмечается в своде Северо-Ягунской структуры (-2353 м). В целом конфигурация Коголымской и Ягунской антиклинальных складок по кровле этого слоя, как и вышележащих, остается неизменной.

Таким образом, мы рассмотрели условия формирования и особенности пространственного размещения песчаных тел и зон их выклинивания по трем слоям или интервалам прослеживания. Аналогичным образом были изучены и другие слои, входящие в состав продуктивных пластов БС₉-БС₁₁. Проведенные исследования позволили осуществить локальный прогноз ловушек литологического типа в районе Коголымской группы структур. В пределах каждого изученного слоя были выявлены и закартированы структурно-литологические и литологические ловушки. Ловушки структурного типа, приуроченные к пластам БС₁₀² и БС₁₁ нами не рассматривались.

Ловушки слоя БС₉². В слое БС₉² были выделены две литологические и одна структурно-литологическая ловушки (рис. 101).

Структурно-литологическая ловушка расположена на северо-восточном крыле северного свода Ягунской структуры и связана с выклиниванием к своду I песчаного тела. Зона выклинивания имеет северо-западное простирание. Ширина ее достигает 2 км. Полезная площадь ловушки по изогипсе -2240 м составляет 12X8 км. Наибольшая мощность слагающих ее пород 5 м при преобладающем развитии коллекторов IV—V классов. В направлении, зоны выклинивания коллекторские свойства пород ухудшаются (V—VI классы).

Породы-покрышки, представленные морскими глинами, изменяются в мощности от 6 до 8—9 м в пределах зоны выклинивания. Ловушка вскрыта тремя скважинами: две из них (скв. 54, 64) -располагаются в зоне выклинивания, третья (скв. 60) — вблизи предполагаемого контура ловушки. При бурении скоплений углеводе-

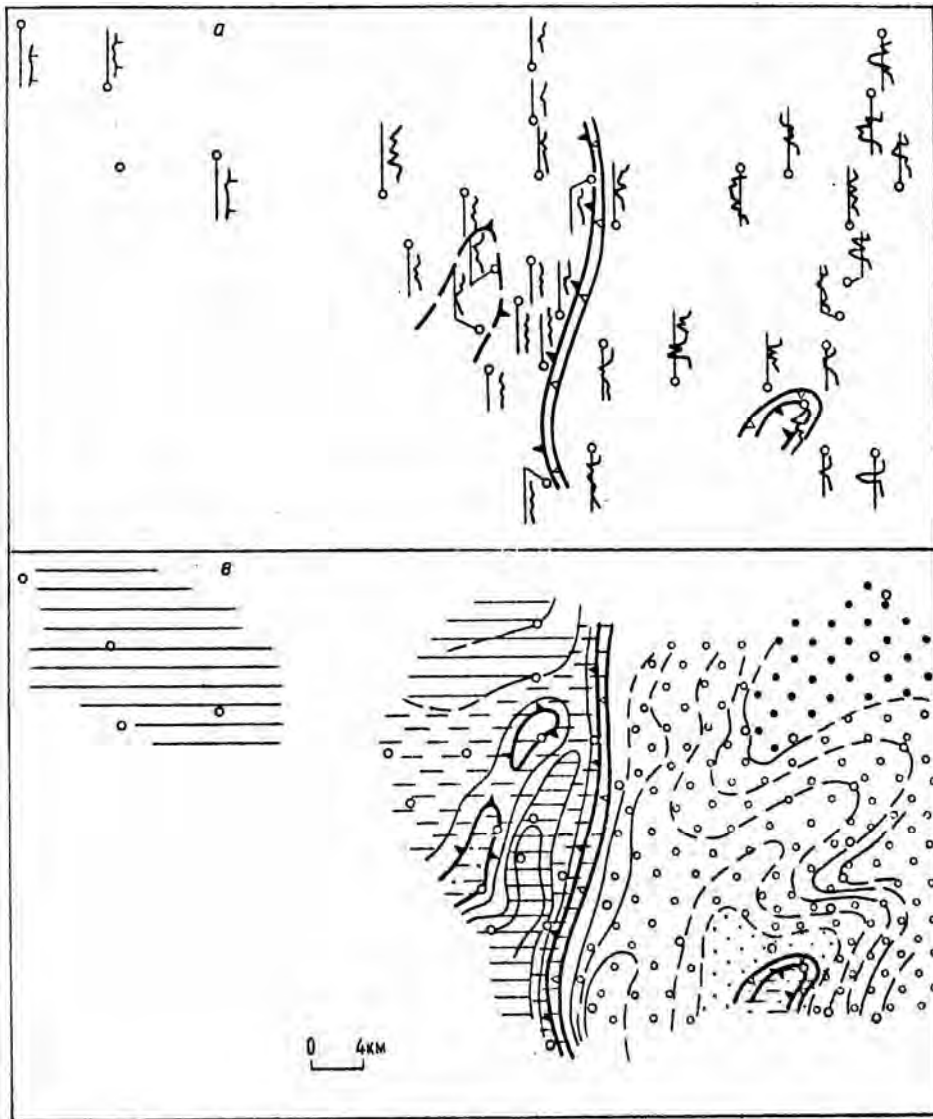


Рис. 99. Палеогеографические реконструкции слоя BC₁ по характеру

а — электрометрические характеристики слоя; б — распределение палеогеографического состава пород; в — палеогеографические реконструкции.

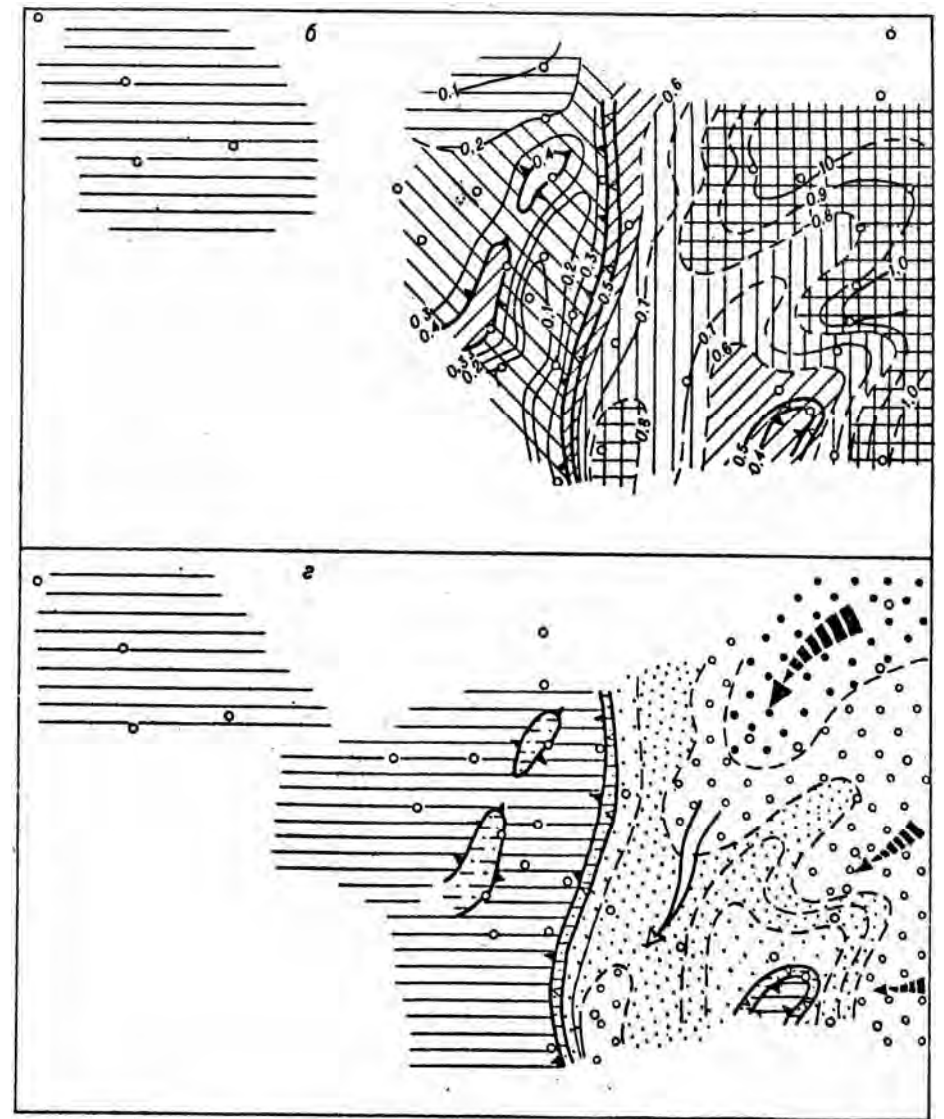


Рис. 100. Динамические уровни (режимы) седиментации в Конюхинской группе структур по электрометрическим характеристикам.

а — изменение литологического состава пород; б — динамические уровни седиментации. Обозначения те же, что на рис. 95, 97.

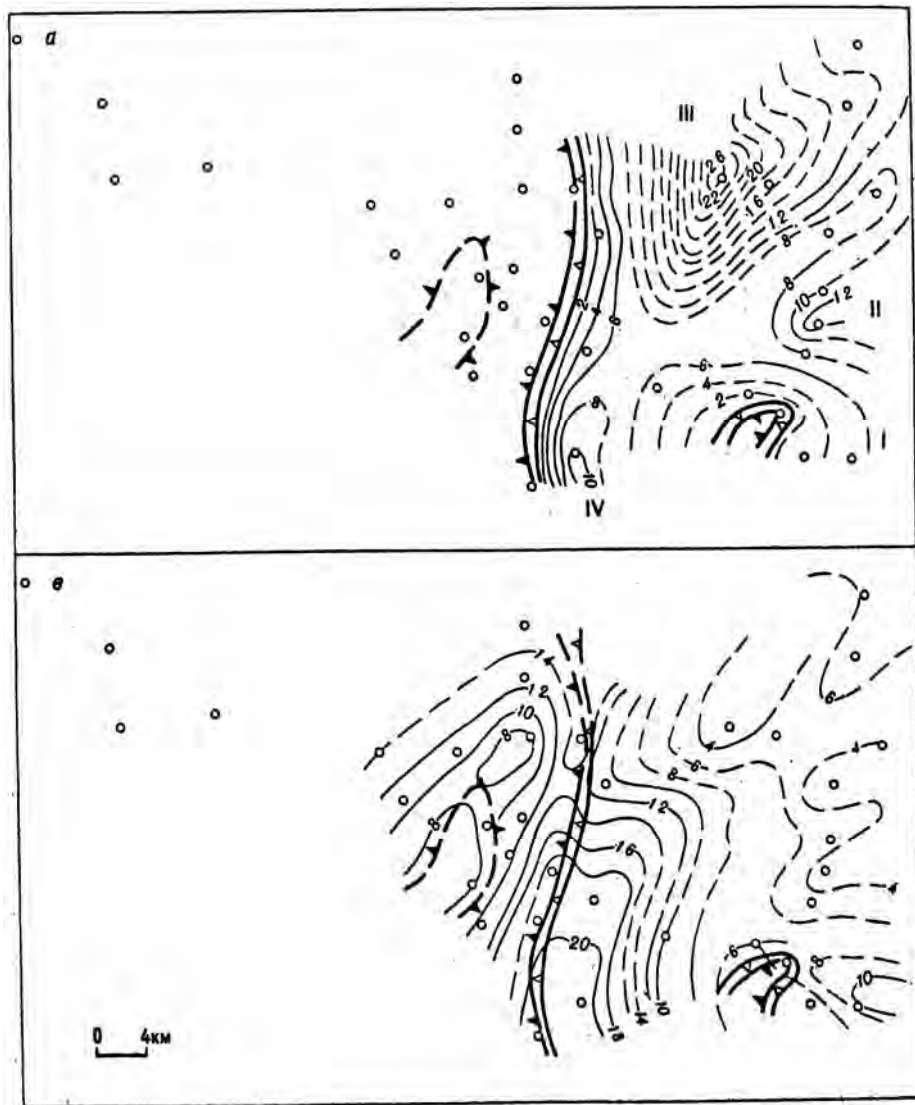
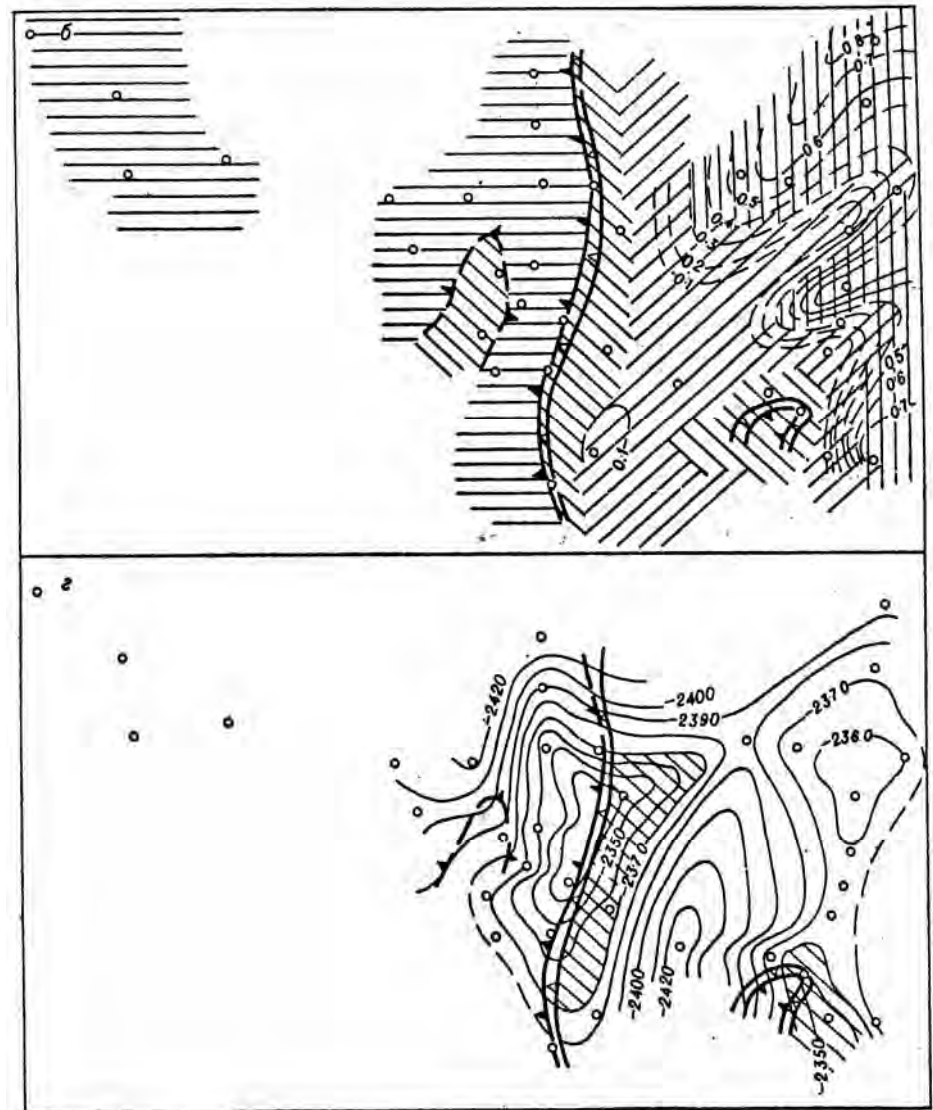


Рис. 100. Локальный прогноз песчаных тел — возможных Коголымской группы

а — строение и пространственное размещение песчаных тел и зон их выкли-
кlastичности; б — распределение мощности глинистых пород-экранов; 1 —
нефти и газа. Обозначения



литологических ловушек нефти и газа слоя BC₁ в районе структур (по Р. К. Петровой).

инвения; б — распределение пород-коллекторов (по классам) и коэффициента
прогноз песчаных тел-коллекторов и выявление литологических ловушек
те же, что на рис. 96, 98.

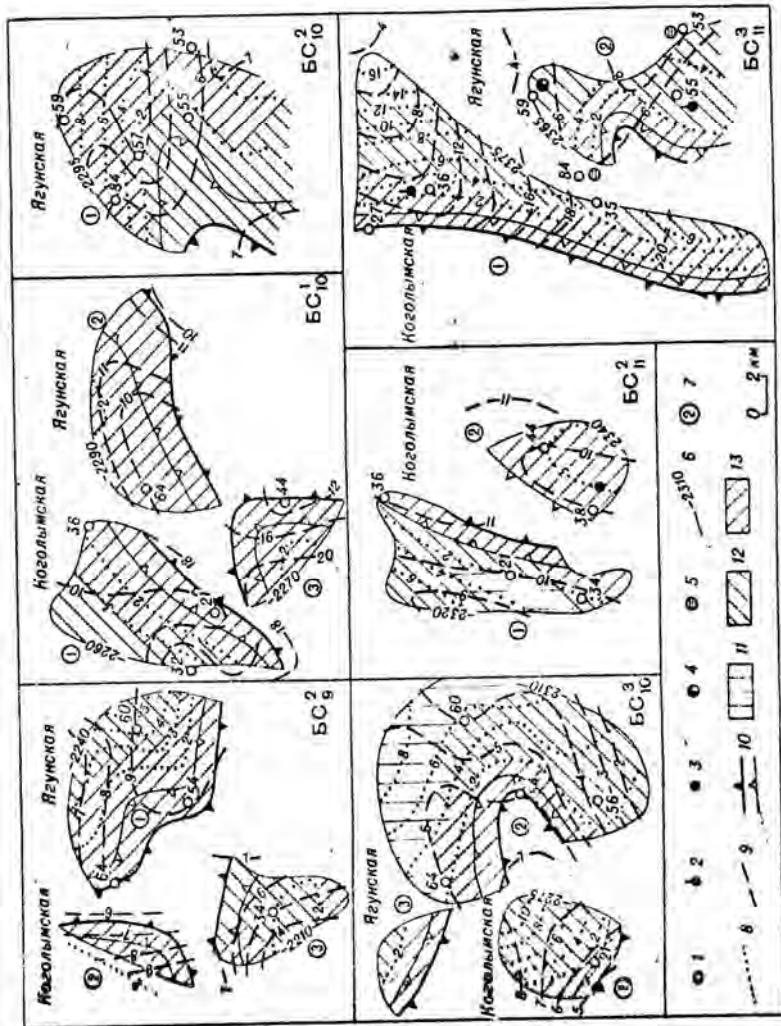


Рис. 101. Строение литологических ловушек пластов BC₉—BC₁₁ в районе Коголымской группы структур.

1 — пробуренные скважины; 2 — фронт нефти; 3 — промашенный приток нефти; 4 — непромашенный приток нефти с выделением притока воды; 5 — ловушка; 6 — номер ловушки; 7 — номер ловушки; 8 — изопахиты песчаных пород; 9 — изопахиты глинистых пород; 10 — зона выклинивания коллектора; 11 — III—IV; 12 — IV—V; 13 — V—VI.

родов не отмечалось. Поскольку скв. 60 могла оказаться за пределами контура нефтегазоносности, отрицательный результат нельзя считать доказанным.

Одна из литологических ловушек в этом слое приурочена к песчаному телу III, расположенному на далеком погружении Коголымской структуры и выклинивающемуся в сторону ее свода. Мощность песчаного тела в пределах контура ловушки невелика и не превышает 2—3 м. Ловушка прослеживается в субмеридиональном направлении. Площадь ловушки оценивается 8X2,5 км по изогипсе -2260 м. Преобладающими являются V—VI классы коллекторов. Мощность глинистых пород-экранов, перекрывающих ловушку, 6—9 м. В пределах выделенной ловушки скважины отсутствуют. Литологическая ловушка может представлять интерес как возможноеместилище углеводородов, однако небольшая площадь и мощность коллектора не позволяют ожидать крупных скоплений нефти и газа.

Вторая литологическая ловушка приурочена к южной периклинали Коголымской складки. Песчаное тело, располагаясь на периклинали окончании складки, образует ловушку по изогипсе -2210 м. Зона выклинивания имеет широтное простирание. Площадь ловушки составляет 7X5 км. Мощность пород-коллекторов достигает 2—3 м. Преобладающими являются IV—V классы коллекторов. В сторону зоны выклинивания коллекторские свойства пород ухудшаются (V—VI классы). Мощность глинистых пород-экранов не превышает 4—6 м. Ловушка вскрыта в ее центральной части скв. 34. Газонефтепроявлений не было отмечено.

Ловушки слоя BC₁₀¹. В пределах этого слоя установлены две структурно-литологические и одна литологическая ловушки.

Первая структурно-литологическая ловушка приурочена к песчаному телу I и располагается на северо-западном крыле и северной периклинали Коголымской структуры. Линия выклинивания проходит через свод складки в направлении с северо-запада на северо-восток. Площадь ловушки по изогипсе -2260 м составляет 12X4 км. Наибольшая мощность песчаных пород достигает 5 м, где преобладающими являются коллекторы IV—V классов. В юго-восточном направлении, в сторону выклинивания коллекторов, их фильтрационные свойства ухудшаются (V—VI классы). Мощность глинистых пород-экранов 8—10 м. В пределах ловушки скважины отсутствуют. Расположенные на ее контуре скв. 32, 36 и в зоне выклинивания скв. 21 могли оказаться за пределами залежи. В связи с этим желательно проверить по буровым журналам, имели ли место какие-либо отклонения в процессе бурения в интервалах развития пластов-коллекторов, приуроченных к этой ловушке.

Вторая структурно-литологическая ловушка приурочена к северной периклинали Ягунского поднятия. Коллектор (песчаное тело II) выклинивается к вершине северного свода Ягунской структуры, Зона выклинивания имеет близкое к широтному простирание. Ловушка оконтуривается изогипсой -2290 м. Занимаемая площадь

12Х4 км. Наибольшая мощность песчаных пород-коллекторов не превышает 2 м. Преимущественное развитие имеют коллекторы V—VI классов. Ловушку перекрывают породы-экраны, мощность которых достигает 8—10 м. В пределах ловушки пробурены скв. 60, 64. Первая расположена на внешнем контуре зоны выклинивания, вторая — в пределах ловушки, вблизи ограничивающей ее изогипсы. Обе скважины могли не вскрыть залежь углеводородов, если она имела в пределах рассматриваемой ловушки.

Литологическая ловушка, связанная с песчаным телом III, расположена на юго-западе периклинали Коголымской структуры. Выклинивание песчаных пород происходит в северо-восточном направлении. Зона выклинивания имеет языкообразные очертания. Ловушка ограничена изогипсой —2260 м. Площадь ловушки 8Х5 км. Наибольшая мощность песчаных пород-коллекторов 2 м. Коллекторские свойства пород оцениваются V—VI классом (преобладающие). Мощность глинистых пород-экранов 16—18 м. Ловушка осталась не изученной бурением. Скв. 44 оказалась в пределах внешнего контура зоны выклинивания и могла не обнаружить углеводородов, если залежь в ловушке существует.

Ловушка слоя БС₁₀². К этому слою приурочена одна структурно-литологическая ловушка, расположенная в районе южного свода Ягунского поднятия (см. рис. 102). Выклинивание песчаного тела происходит в юго-западном направлении. Зона выклинивания имеет в плане изогнутые очертания. Ширина ее местами достигает 5 км. Ловушка оказалась недоразведанной, она лишь частично оконтурена по изогипсе -2295 м. Ее южный контур остался невыясненным. Наибольшая мощность песчаных пород (8—9 м) отмечается в ее северной части. Коллекторские свойства пород оцениваются преимущественно классами IV—V. При приближении к зоне выклинивания они снижаются до V—VI классов. Экранирующие ловушку глины достигают 4—6 м. Эта покрывка является достаточной для сохранения приуроченной к этой ловушке залежи нефти.

Промышленный приток нефти получен в скв. 55. Нефтеносный горизонт вскрыт на абсолютной отметке —2278 м. В скв. 59 также получен промышленный приток нефти. При испытании скв. 53 был получен приток воды.

Ловушки слоя БС₁₀³. В этом слое обнаружены две структурно-литологические и одна литологическая ловушки (см. рис. 102).

Первая структурно-литологическая ловушка приурочена к сводовой части Коголымской структуры, где отмечается выклинивание песчаных пород в южном направлении. Зона выклинивания узкая, ровная, имеет широтное простираие. Полезная площадь ловушки определяется по изогипсе -2275 м. Очертания ее близки к изометрическим. Наибольшая мощность пород-коллекторов приурочена к се северной части и достигает 10 м. Преобладающие классы коллекторов V—VI. Глинистые породы, экранирующие

ловушку, по мощности 5—10 м. Ловушка вскрыта скв. 21. Сведений о нефти- и газопроявлениях в распоряжении автора не имеется.

Вторая структурно-литологическая ловушка приурочена к песчаному телу II этого слоя и установлена в районе северного свода Ягунской структуры. Ловушка округлых очертаний и ограничивается по изогипсе -2310 м. Зона выклинивания имеет языкообразную форму, вдаваясь в тело ловушки в районе свода. Мощность песчаных пород в северной части ловушки достигает 8 м. Среди песчаных пород-коллекторов преобладают IV—V классы. Мощность экранирующих глин от 2 м в южной части ловушки до 6 м в зоне выклинивания. Ловушка вскрыта четырьмя скважинами. Нефтегазопроявлений по скважинам не было отмечено.

Литологическая ловушка может располагаться на северной периклинали южного свода Ягунской структуры. Она слагается песчаными породами, мощность которых в южной части достигает 2—3 м. Ловушка имеет изогнутый к северу контур, с юга она ограничена неширокой зоной выклинивания, обращенной в сторону свода. Преобладающими породами-коллекторами являются песчаники IV—V классов. Мощность глин до 4 м. Ловушка не вскрыта скважинами.

Ловушки слоя БС₁₁². В этом слое выявлены структурно-литологическая и литологическая ловушки. С последней, по всей видимости, связана залежь углеводородов (скв. 44).

Структурно-литологическая ловушка связана с IV песчаным телом, расположенным в присводовой части Коголымской структуры. Ее зона выклинивания имеет простираие, близкое к меридиональному. Ловушка треугольных очертаний. Ее полезная площадь по изогипсе —2320 м составляет 14Х5 км. Наибольшая мощность пород-коллекторов достигает 6—8 м. В центральной части ловушки преобладают коллекторы III—IV классов. В северном и южном направлениях они ухудшаются до IV—V классов. Мощность глинистых пород-экранов 9—11 м. Ловушка вскрыта тремя скважинами. Скв. 36 и 34 расположены вблизи контура и могли оказаться за пределами водонефтяного контакта (ВНК), скв. 21 вскрыла пласт-коллектор в наиболее оптимальных условиях. В целом ловушка благоприятна для скопления углеводородов, однако результаты бурения скв. 21 свидетельствуют об отсутствии залежи.

Литологическая ловушка связана с песчаным телом III. Она имеет овальные очертания и ограничена с северо-запада зоной выклинивания песчаного коллектора. Полезная площадь ловушки не установлена. Мощность пород-коллекторов до 3 м, а экранирующих глин — до 10 м. Ловушка вскрыта скв. 38 и 44. По данным Объемнефтегазгеологии, в скв. 44 получен приток нефти. По данным Главтюменьгеологии, нефть принадлежит к той же залежи, что была вскрыта скв. 36. По нашим данным, скв. 36 и 44 вскрыли разные залежи. Залежь, выявленная скв. 44, принадлежит песчаному телу БС₁₁²-III, а залежь, вскрытая скв. 36, связана с зоной выклинивания песчаных пород слоя БС₁₁³. В связи с этим можно предпола-

гать, что скв. 44 открыта новая литологическая залежь, которую необходимо доразведать.

Ловушки слоя БС₁₁³. С этим слоем связаны структурно-литологическая и литологическая ловушки.

Структурно-литологическая ловушка образована зоной выклинивания слоя БС₁₁³, проходящей через свод Коголымской структуры в меридиональном направлении. Она располагается на восточном крыле структуры и оконтурена изогипсой — 2375 м. Ловушка имеет треугольные очертания и достигает размеров 23X3 км. Максимальная мощность песчаного коллектора в восточной части ловушки 16 м. Среди песчаных пород преобладают коллекторы IV—V классов. В направлении к своду структуры в пределах зоны выклинивания они сменяются породами, в которых начинают преобладать коллекторы V—VI классов. Глинистые породы-экраны, перекрывающие ловушку, характеризуются значительными колебаниями мощностей: от 4 м в ее северной части до 20 м на юге. В пределах ловушки пробурены скв. 21, 35, 36. Две первые оказались в районе контуров ловушки, а скв. 36, расположенная в центральной части ловушки, дала промышленный фонтан нефти из интервала 2340—2376 м.

Литологическая ловушка приурочена к южному своду Ягунской структуры и имеет сложный контур, Полезную площадь ловушки определить не представляется возможным, поскольку ее южный контур не установлен. Мощность песчаных пород 2—6 м. В восточной части ловушки преобладают коллекторы III—IV, в южной и северной — IV—V, и зоне выклинивания — V—IV классов. Мощность глинистых пород-экранов 4—8 м. С ловушкой связана залежь нефти и газа. При вскрытии пласта-коллектора в скв. 55 был получен, по данным Главтюменьгеологии, фонтанирующий приток нефти в интервале 2345—2351 м. В скв. 59 получен приток, нефти с водой, а в скв. 53 и 84 — вода. На юго-западе залежь ограничена зоной выклинивания. Возможно, что залежь будет прослежена далее на юг, за пределы изученной площади.

Таким образом, в пластах БС₉—БС₁₁ в пределах Коголымской и Ягунской структур кроме ранее установленных Главтюменьгеологией двух структурно-литологических ловушек, содержащих нефть и газ, в результате применения новой методики было выявлено еще 12 структурно-литологических и литологических ловушек, а у установленных ранее уточнена полезная площадь. Особенности строения ловушек показаны на рис. 102.

Проведенный локальный прогноз показал: из 12 вновь выявленных ловушек по крайней мере 3—4 нуждаются в дальнейшей проверке и уточнении результатов бурения и испытания скважин, так как не исключено, что некоторые залежи нефти и газа могли оказаться пропущенными, ибо ряд ловушек был вскрыт скважинами на участках, где нефтепроявления могли быть очень слабыми или вообще отсутствовать. Как пример может быть приведена залежь на Коголымской структуре в пласте БС₁₁ (слой БС₁₁³),

когда две скважины, пробуренные в зоне выклинивания и в контуре ловушки, не выявили залежи нефти, а из скв. 36, удачно заложенной в средней части ловушки, был получен фонтанирующий ; приток нефти. Этот факт, как нам кажется, требует особо внимательного отношения даже к слабым нефтегазопроявлениям, имеющим место при бурении и испытании скважин, особенно в пределах развития песчаных тел — возможных литологических ловушек нефти и газа.

Пространственное размещение литологических и структурно-литологических ловушек нефти и газа пластов БС₉—БС₁₁ в районе Коголымской группы структур показано на рис. 102. Как можно видеть на прилагаемой схеме, большинство из выявленных структурно-литологических и литологических ловушек расположены в пределах контуров антиклинальных складок. Такое расположение их объясняется тем, что бурение проводилось на залежи структурного типа и скважины размещались в сводовых частях структур. Далекие погружения складок и их крылья не исследовались.

Тот факт, что в трех пластах БС₉—БС₁₁) на двух антиклинальных структурах (Коголымской и Ягунской) было выявлено в общей сложности 14 структурно-литологических и литологических ловушек, указывает на их широкое развитие в меловых отложениях Широтного Приобья, а следовательно, дает основание предполагать, что они будут встречаться на склонах антиклинальных структур различных порядков столь же часто, как и в районах их присводовых частей.

Таким образом, проведенный анализ нескольких разведочных площадей Западной Сибири позволил сделать следующие выводы.

1. Разработанная методика оперативного локального прогнозирования может быть применена в условиях Западной Сибири для выявления структурно-литологических и литологических ловушек нефти и газа.
2. Применение разработанной методики ввиду ее оперативности позволяет решать вопрос о наиболее экономном и эффективном размещении скважин при ведении поисковых работ, что имеет большое экономическое значение в условиях Западной Сибири.
3. Как показали результаты проведенных исследований, в условиях Западной Сибири имеют широкое развитие структурно-литологические и литологические ловушки нефти и газа на различных стратиграфических уровнях, содержащие мелкие и значительные скопления углеводородов. Эти ловушки представляют собой, по всей видимости, значительный резерв углеводородного сырья. На их выявление и должны быть направлены нефтепоисковые работы в Западной Сибири в ближайшие годы.

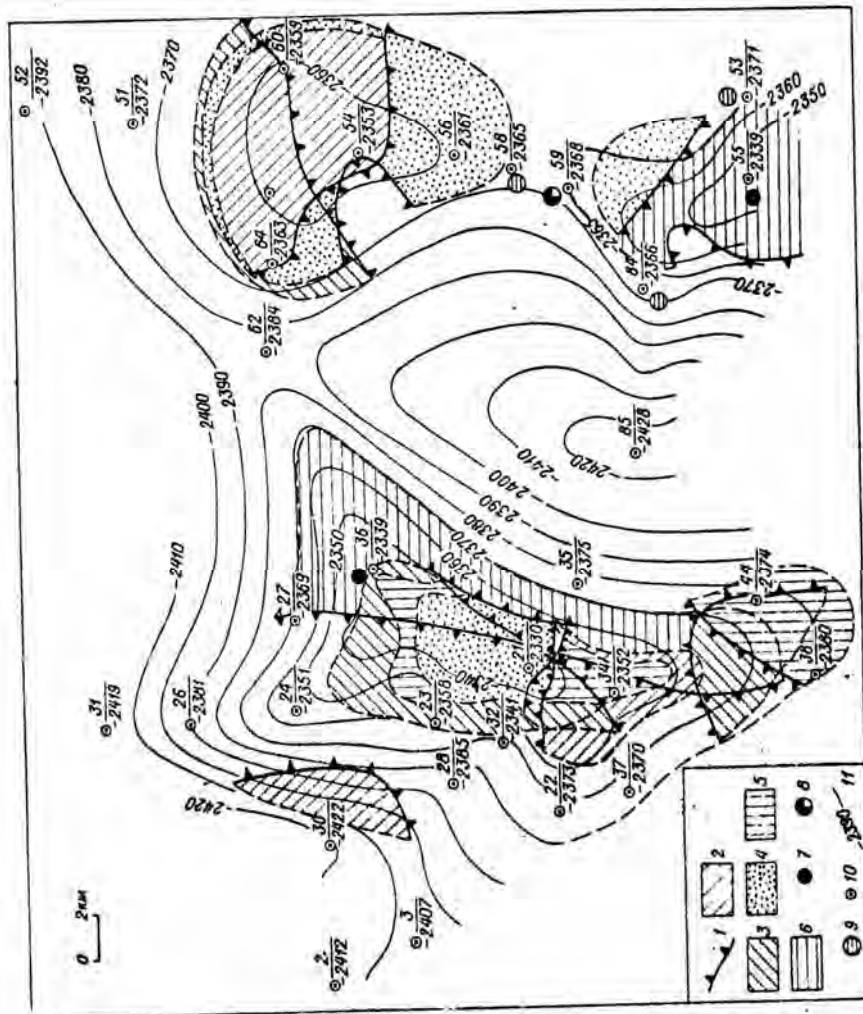


Рис. 102. Пространственное размещение литологических и структурно-литологических ловушек нефти и газа пластов БС₉—БС₁₁ в районе Коголымской группы структур.

1 — внешний контур зон выкливания ловушки; 2 — БС₉; 3 — БС₁₀; 4 — БС₁₁; 5 — БС₁₂; 6 — БС₁₃; 7 — промысловый приток нефти; 8 — непромысловый приток нефти с водобойным притоком воды; 9 — выкливание по кровле слоев БС₉—БС₁₁.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении необходимо отметить, что решение ряда новых теоретических и методических положений, связанных с использованием электрометрического метода исследования скважин, дает возможность получения целого комплекса ранее недоступной геологической информации о составе, строении, фациальной природе, палеогеографии и коллекторских свойствах терригенных отложений в аллювиальной, дельтовой и прибрежно-морской обстановках осадконакопления.

Это открывает перспективы для развития нового направления нефтяной геологии, выделяемого под названием электрометрической геологии песчаных тел-коллекторов и глинистых пород-экранов, которое может служить основой для локального прогнозирования литологических ловушек нефти и газа.

Это направление формируется на стыке седиментологии, учения о фациях и промысловой геофизики. Оно обеспечивает литолого-фациальный подход к геологической интерпретации результатов геофизических исследований скважин (ГИС). Причем фации рассматриваются с позиции выявления механизма формирования слагающих их осадков, в основу которого положен седиментологический фактор — изменение палеогидродинамических условий и связанных с ними литофизических свойств пород по разрезу. Такой подход позволил создать седиментологические модели фаций.

Поскольку литологические свойства пород фиксируются на кривых ПС, последние отражают смену палеодинамических уровней (режимов) среды седиментации и могут быть использованы для создания электрометрических моделей фаций.

Установление седиментологических и электрометрических моделей фаций послужило базой для разработки методик использования ГИС для палеогеографических реконструкций. Это позволило провести пересмотр ранее полученных данных (при проведении нефтепоисковых работ на залежи структурного типа) и выделить участки, перспективные на поиски ловушек нефти и газа литологического типа* в зонах развития крупных моноклиналей, флексурных

* Поиски структурно-литологических залежей мы рассматриваем как переходный период.

перегибов, в районах дизъюнктивных нарушений различных порядков, на крыльях положительных структур и их далеких погружениях. Такие работы, связанные с поисками литологических ловушек, могут привести к открытиям многочисленных залежей нефти и газа, в том числе крупных, как в новых, так и в старых хорошо освоенных районах с развитой сетью коммуникаций и в пределах хорошо освоенных глубин.

Если к этому добавить, что тенденция к снижению выборочного отбора керна в скважинах, необходимого для традиционных исследований при поисках литологических ловушек, будет продолжаться (за счет увеличения объемов бурения, роста скоростей, выхода в труднодоступные районы и на большие глубины), то станет очевидным, что центр тяжести получения необходимой информации будет все больше перемещаться на промыслово-геофизические исследования в скважинах и полевые геофизические исследования. При этом промыслово-геофизические исследования в скважинах, а также ВСП и широкополосная акустика будут служить переходным звеном для выделения фаций и палеогеографических реконструкций методами полевой геофизики. Именно необходимость обратить внимание широкого круга геологов-нефтяников на возможности электрометрической геологии послужила причиной написания этой пока еще не полной и порой недостаточно совершенной работы.

Доступность каротажного материала, простота его обработки, непрерывность получаемой информации по разрезу скважин, ограниченное число используемых параметров — все это позволяет широко применять предлагаемые методы в лабораториях и геологических отделах производственных организаций, ведущих непосредственный поиск ловушек литологического типа. Получение необходимых исходных параметров и их обобщение в виде серии итоговых карт, в частности карт прогноза, могут осуществляться непосредственно в процессе бурения скважин и использоваться для более эффективного последующего бурения. Такая высокая оперативность достигается широким использованием электрокаротажных кривых и их последующей математической обработкой, а также автоматизацией процессов снятия и обобщения данных с помощью ЭВМ. В качестве примера прилагаются карты (рис. 103), построенные с помощью ЭВМ по ряду параметров, полученных автоматизированным способом. Сопоставляя полученные карты с картами, построенными обычными методами (см. рис. 94), можно наблюдать их хорошую сходимость, что свидетельствует о правильности результатов, получаемых автоматизированным способом. Автоматизация трудоемких процессов дает возможность вовлекать в обработку неиспользуемую до сих пор массу фактических данных и получать принципиально новую информацию, которую с успехом можно применять для выделения и локального прогнозирования ловушек нефти и газа главным образом литологического типа.

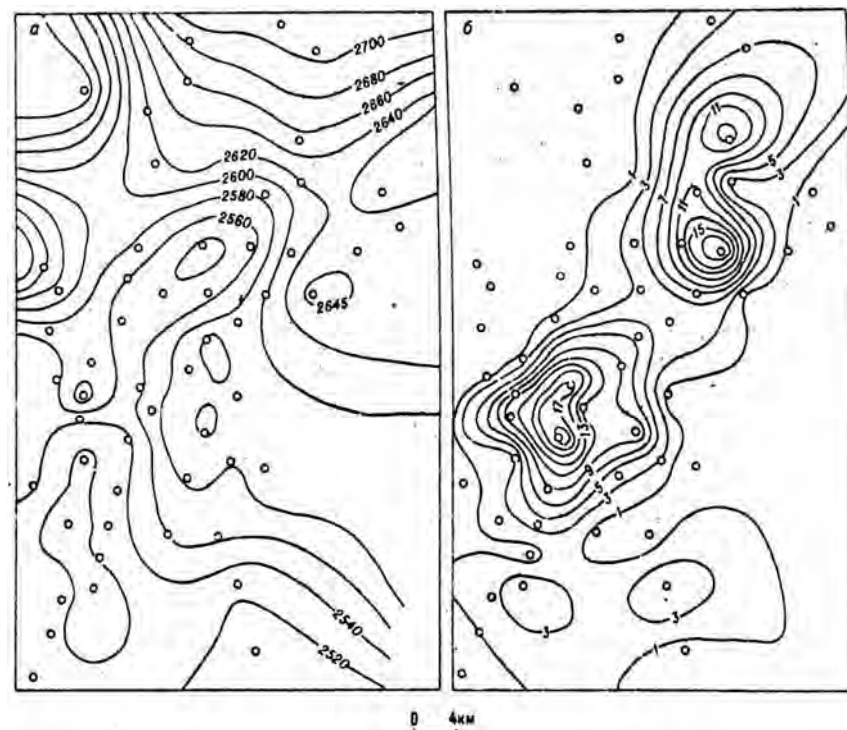


Рис. 103. Карты строения VI ритма Повховской площади, построенные автоматизированным способом при помощи ЭВМ.

а — поверхность кровли ритма; б — суммарные мощности песчаных пород.

Рассматриваемая методика дает возможность осуществлять наиболее рациональное размещение скважин на всех этапах нефтепоисковых работ (в периоды поиска, разведки и эксплуатации залежей нефти и газа). Так, используя высокую оперативность обобщения получаемых результатов, можно размещать последующие поисковые скважины в наиболее оптимальных условиях, что будет способствовать сокращению их числа (примерно на 1/3) при выявлении ловушек и оценки их нефтегазоносности. Возможность составления серии карт по различным параметрам локально развитых песчаных тел и зон их выклинивания обеспечивает значительную экономическую эффективность при разведке месторождений и особенно при их эксплуатации, поскольку позволяет выбирать участки, наиболее благоприятные для размещения разведочных, а затем эксплуатационных и нагнетательных скважин. Все сказанное способствует снижению до минимума числа сухих и малодебитных и повышает удельный вес высокодебитных скважин.

Представляется весьма перспективной дальнейшая разработка этого направления к использованию электрометрических моделей

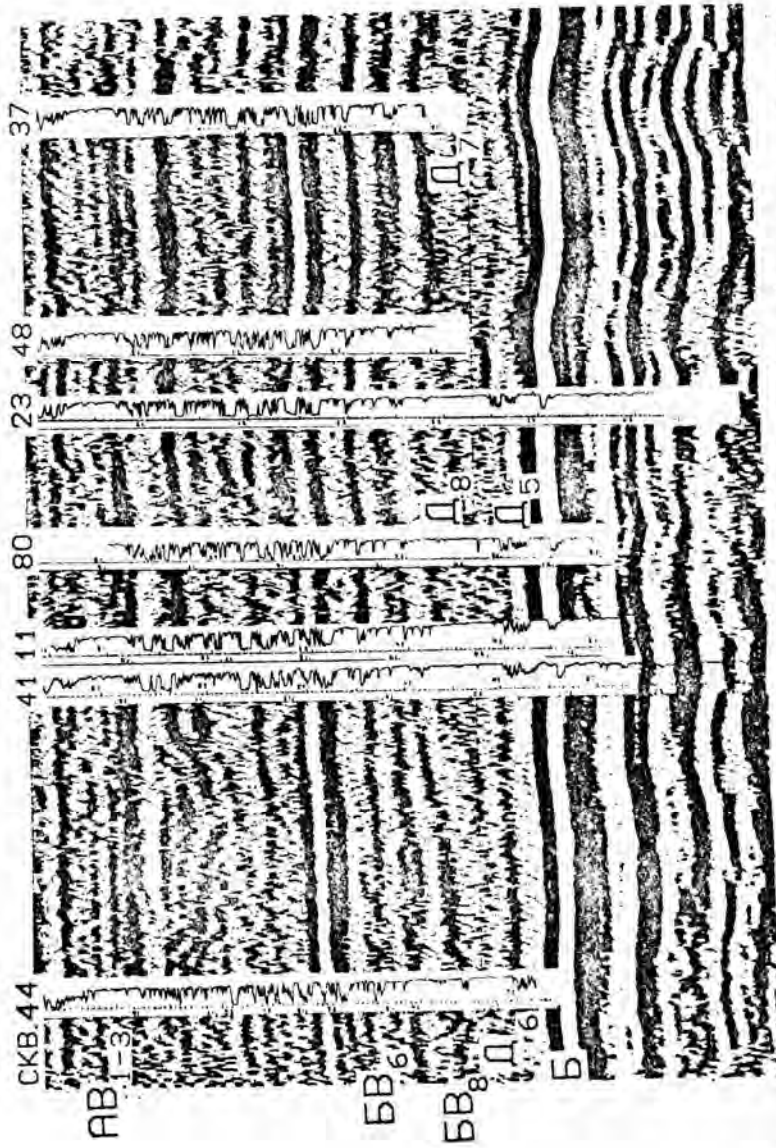


Рис. 104. Комплексирование промыслово-геофизических и геофизических данных для установления фациальной природы осадков по данным сейсмическим (сейсмофацил) на примере Показевской площади Западной Сибири (по материалам ЦГЭ)

фаций для увязки их с временными разрезами МОГТ (рис. 104), и получение путем такого комплексирования новой информации, дающей возможность определять фациальную природу осадка, осуществлять палеогеографические реконструкции и выделять литологические ловушки по материалам полевой геофизики до ввода площадей в поисковое бурение. К сказанному необходимо добавить, что предлагаемые в настоящей работе методики, несмотря на их широкие возможности, не следует рассматривать как универсальные. Они разрабатывались и применялись только для отложений, представленных терригенными комплексами осадков. Для толщ образованных карбонатными породами или содержащими значительное количество солей, необходимо применять иные методы исследований. Несмотря на указанные замечания, автор выражает надежду, что работа явится мобилизирующим фактором, открывающим новые перспективы включения в активную обработку большого, пока еще нетронутого фонда фактического материала, таящего в себе ценную геологическую информацию, которую можно успешно использовать в практической деятельности при поисках и локальном прогнозе скоплений нефти и газа в ловушках нетрадиционного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексин А. Г.* Геологическое обоснование опытно-методических полигонов для постановки работ по поискам залежей нефти и газа неантиклинального типа в Куйбышевском Поволжье и Предкавказье. М., 1977. 20 с (ИГиРГИ).
2. *Аполлов Б. А.* Учение о реках М., Изд-во МГУ, 1951. 552 с.
3. *Ахмедов А. М.* Дельтовые фации песчаного комплекса. Природа и хозяйство Севера. Апатиты, 1970, вып 2, ч. 1, с. 54—58.
4. *Байдин С. С., Линберг Ф. Н., Самойлов И. В.* Гидрология дельты Волги. Л., Гидрометеоздат. 1956 328 с (Гос. океанограф. ин-т).
5. *Батулин К. П.* Введение в геологию дельты Волги. Л., Гидрометеоздат, 1951, с. 12-49 [Тр. ГОИ. вып 18(30)].
6. *Ботвинкина Л. Н.* Слоистость осадочных пород. М., Изд-во АН СССР. 1962. 537 с.
7. *Буш Д. А.* Стратиграфические ловушки в песчаниках. М., Мир, 1977, 206 с.
8. *Вассоевич Н. Б.* О периодичности, цикличности и ритмичности, этапности и других, связанных с этими явлениями, понятиях и соответствующей номенклатуре. - В. кн.: Цикличность осадконакопления и закономерности размещения горючих полезных ископаемых. Новосибирск, Наука, 1975 255 с.
9. *Вендельштейн Б. Ю.* Исследования разрезов нефтяных и газовых скважин методом собственных потенциалов. М., Недра, 1966. 271 с.
10. *Вендельштейн Б. Ю., Манчева Н. В., Петерсилье В. И.* Комплексная интерпретация диаграмм потенциалов поляризации и естественной радиоактивности.—Тр МИНХ и ГП, 1969, вып. 89, с. 72—79.
11. *Вилков Н. В.* Опыт определения пористости пластов по параметру ПС. - Геология нефти, 1958, № 12, с 60-62.
12. *Гасанова И. Г.* Палеогеографические и палеоструктурные предпосылки поисков неантиклинальных ловушек нефти в пашийских и кыновских отложениях Урало-Поволжья.— В. кн.: Литологические и структурно-стратиграфические ловушки нефти и газа. М., 1975, с 68-92. (Тр. ВНИГРИ, вып. 178).
13. *Грачевский М. М.* Палеогеоморфологические предпосылки распространения нефти и газа — Тр. НИЛзарубежгеологии, 1972, вып. 32, 156 с.
14. *Гроссгейм В. А., Гостинцев К. К., Муромцев В. С.* Перспективные зоны выклинивания терригенных коллекторов и рифовых комплексов в нефтегазоносных провинциях СССР и их связь с палеорельефом. - В кн.: Палеогеоморфологические методы и их роль в повышении эффективности поисковых работ на нефть и газ. Актюбинск, 1978, с 18-20 (Тезисы семинара).
15. *Дафф Д., Холлам А., Уолтон Э.* Цикличность осадконакопления. Науки о Земле, М., Мир, 1971. 282 с.
16. *Дахнов В. Н.* Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения горных пород М., Недра, 1975, 341 с.
17. *Дахнов В. Н.* Интерпретация каротажных диаграмм. М., Гостоптехиздат, 1948 390 с
18. *Долина Л. П., Иванчук Л. Ф., Барамзина В. А.* Внедрение геофизических методов определения коллекторских свойств для подсчета запасов нефти и анализа разработки нефтяных залежей.— В кн : Геофизические и гидродинамические исследования пластовых скважин М., Гостоптехиздат, 1060, с 103—112.
19. *Долотов Ю. С.* Дифференциация осадочного материала в береговой зоне отмельного побережья — В кн. Геоморфология и литология береговой зоны морей и других крупных водоемов. М., Наука, 1971. с. 96 - 101.
20. *Егоров Е., Н.,* Наблюдения над динамикой подводных песчаных валов.-Тр. ин-та океанологии АН СССР 1951, т.7 с. 85-99
21. *Жемчужников Ю. А.,* Основные выводы из изучения аллювиальных накоплений и угленосной толщи Донецкого бассейна. – Тр. ГИН АН СССР. Угольная серия 1954 вып. 151 №5 стр. 273-294
22. *Зенкович В. П.,* Динамика и морфология морских берегов, ч I. Волновые процессы. М - Л., Морской транспорт. 1946, 496 с.
23. *Зенкович В. П.,* О происхождении береговых баров и лагунных берегов. — Тр. ин-та океанологии АН СССР, 1957, т.21 с. 3-39

24. *Зенкович В. П.* Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд-во АН СССР. 1962, 710 с.
25. *Иванов Г. А., Македонов А. В., Иванов Н. В.* Методы изучения ритмичности (цикличности) осадочных толщ.— В кн.: Цикличность отложений нефтегазоносных и угленосных бассейнов М., 1977, с. 17— 37
26. *Иванчук Л. Ф.* Детальная корреляция разрезов по комплексу геофизических методов на примере XIII и XIV продуктивных горизонтов месторождения Узень.— Тр ВНИИ, 1972, вып. 43, с. 58—67.
27. *Инел Д. К.* Движение пляжевых песков. Л., Гидрометеоздат, 1971. 224 с.
28. *Ирбэ Н. А.* Сводные геолого-геофизические разрезы нефтегазоносных областей Западно-Сибирской низменности и их особенности.— В кн : Геофизические исследования Западной Сибири. Тюмень, 1972, с 3—168. (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 54)
29. *Итенберг С. С.* Изучение нефтегазоносных толщ промыслово-геофизическими и геологическими методами. М., Недра, 1967, 278 с
30. *Каледа Г. А., Шик Н. С.* Тектонические закономерности размещения и нефтегазоносности баров. - Литология и полезн. ископаемые, 1975, № 5, с. 103 — 116.
31. *Карогодин Ю. Н.* Седиментационная цикличность М., Недра, 1980, 241 с.
32. *Кленова М. В.* Геология моря. М., Учпедгиз, 1948. 495 с.
33. *Кленова М. В.* Итоги литолого-минералогического изучения дельты Волги — В кн.: Геология дельты Волги. Л., Гидрометеоздат, 1951, с. 383—393. [Тр. ГОИ, вып. 18(30)].
34. *Конибер Ч. Э. Б.* Палеогеоморфология нефтегазоносных песчаных тел. М., Недра, 1979. 255 с.
35. *Краснова Н. Г.* Образование отложений дельты Волги.—В кн.: Геология дельты Волги. Л., Гидрометеоздат, 1951, с. 80—148. [Тр. ГОИ, вып. 18(30)].
36. *Крашенников Г. Ф.* Ископаемые дельты в СССР и некоторые проблемы их изучения -В кн.: Дельтовые и мелководные морские отложения М., Изд-во АН СССР, 1963, с 7--13.
37. *Крашенников Г. Ф.* Учение о фациях. М., Высшая школа, 1971, 367 с.
38. *Ламакин В. В.* О динамических особенностях аллювиальных отложений.— Докл. АН СССР, 1947, т. 57, с. 65-68.
39. *Латышева М. Г., Вендельштейн Б. Ю., Тузов В. П.* Обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин М., Недра, 1975. 271 с.
40. *Леворсен А. И.* Геология нефти и газа, М., Мир, 1970, 638 с.
41. *Леонтьев О. К.* Краткий курс морской геологии. М., Изд-во МГУ, 1963. 463 с.
42. *Леонтьев О. К., Никифоров Л. Г.* О причинах планетарного распространения береговых баров.— Океанология, 1965, т 5, вып. 4, с. 653—661
43. *Леонтьев О. К.* О происхождении некоторых островов северной части Каспийского моря.— Тр. океанограф, комиссии АН СССР, 1957, т. 2, с 147 — 158.
44. *Лонгинов В. В.* Современное представление о динамике береговой зоны моря.— В кн.: Морская геология и динамика берегов. М, Изд-во АН СССР, 1902, с 102-112. (Тр. океанограф комиссии, т. 10, вып. 3).
45. *Лопатин Г. В.* Наносы рек СССР.— Записки ВГО, новая серия, 1952, т 14, 319 с.
46. *Марковский Н. Н.* Палеогеографические основы поисков нефти и газа. М., Недра, 1973, 302 с.
47. *Медведев В. С., Айбулатов Н. А.* Применение «меченого» песка для изучения перемещения морских наносов.— Изд. АН СССР, сер. геогр., 1956, № 4, с. 99-103.
48. *Методологическое* руководство по определению проницаемости песчано-глинистых коллекторов месторождений п-ва Мангышлак по данным промысловой геофизики, в том числе с применением ЭВМ / Л. П. Долина, А Ф. Иванчук, О. П. Иоффе, Г. В. Воронцова. М 1972. 84 с (ВНИИ).
49. *Михайлов В. Н.* Русловые процессы в устье одорукавного потока, впадающего в бесприливное море.— В кн.: Морская геология и динамика берегов. М., Изд-во АН СССР, 1962, с 123 130, (Тр. океанограф, комиссии, т. 10, вып. 3).
50. *Михайлов В. Н., Рогов. М. М., Ган Г. Н.* Устьевой бар— В кн.: Геоморфология и литология береговой зоны моря. М., Наука, 1971, с. 75--80.

51. *Мовшович Э. Б., Кнеппель М. Н., Несмеянова Л. И.* Геолого-статистические показатели нефтегазоносности погребенных рифов, баров, речных систем. - В кн.: Геология, методы поисков и разведки месторождений нефти и газа. М., 1978. 64 с. (ВИЭМС Обзор).

52. *Муромцев В. С., Петрова Р. К.* Методические рекомендации по выявлению литологических ловушек нефти и газа. Л., 1979, 73 с. (ВНИГРИ).

53. *Муромцев В. С.* Методика локального прогноза песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа по электрометрическим моделям фаций.— В кн.: Методика прогнозирования литологических и стратиграфических залежей нефти и газа (сборник трудов). Л., 1981, с. 5-23. (ВНИГРИ).

54. *Невесский Е. Н.* О ритмичности морских трансгрессий.— Океанология, 1961, т. 1, вып. 1, с. 63—77.

55. *Нестеров И. И., Потеряева В. В.* Региональные геологические условия, контролирующие формирование крупных месторождений нефти и газа. — Геол. нефти и газа, 1971, № 10, с. 1—6.

56. *Обедиентова Г. В.* Палеодельты Русской платформы и месторождения нефти.- Изв. ВГО, 1976, вып. 108, № 15, с. 377-384.

57. *Петрова Р. К.* Оперативный локальный прогноз литологических ловушек нефти и газа в районе Коголымской группы структур Западной Сибири.— В кн.: Методика прогнозирования литологических и стратиграфических залежей нефти и газа. Л., 1981, с. 24—34. (ВНИГРИ).

58. *Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р.* Пески и песчаники. М., Мир, 1976. 534 с.

59. *Проничева М. В.* Методика и некоторые результаты палеогеографических исследований в юго-восточной части Русской платформы.— Тр. ВНИГНИ, 1971, вып. 84, с. 222—231.

60. *Проничева М. В. Семенович В. В.* Распространение, генетические типы и методы выявления неантиклинальных ловушек нефти и газа.— В кн.: Геология, методы поисков и разведки месторождений нефти и газа. М. 1976. 86 с. (ВИЭМС. Обзор).

61. *Рачковская К. А.* Геологическое строение дельты реки Волги. Л, Гидрометеиздат, 1951, с. 184—220, [Тр. ГОИ, выи. 18(30)].

62. *Ромашин В. В.* Формирование устьевого бара малого водоема.— Тр. Океанологическо-географической комиссии, 1962, т. 10, вып. 3. 123 с.

63. *Ротшильд Е. В.* Древние дельты в юго-восточной части Прикаспийской низменности.— Докл. АН СССР, 1968, т. 183, № 6, с. 1400—1403.

64. *Рухин Л. Б.* Проблема образования древних аллювиальных отложений.— В кн.: Вопросы седиментологии. М., 1960, с. 204—205. (Докл. сов. геол. к IV междунар. конгрессу по седиментологии).

65. *Салманов Ф. К.* Закономерности распределения и условия формирования залежей нефти и газа в мезозойских отложениях Среднего Приобья. М., Недра, 1974. 280 с.

66. *Семенович В. В.* Неантиклинальные ловушки углеводородов (перспективы выделения, направления, исследования). — Экспресс информация, М., 1974, сер. 5, вып. 11, с. 16—18.

67. *Сидоренко А. В.* Эоловые песчаные отложения осадочных пород. Т. 2, М., Гостоптехиздат, 1957, с. 452—468.

68. *Стратиграфические* и литологические залежи нефти и газа / Под ред. Р. Е. Кинга, М., Недра, 1975, 469 с.

69. *Тимофеев П. П.* Геология и фации юрской угленосной формации Южной Сибири. - Тр ГИН АН СССР, 1969, выи, 197. 458 с.

70. *Трофимук А. А.* Важные уроки истории открытия Западно-Сибирской нефтегазосной провинции.— Геол. и геофизика, 1974, №5, с. 29—36.

71. *Ульст В. Г.* Применение литологических методов для изучения процесса перемещения песчаного материала в прибрежной части моря. — В кн.: Геоморфология и литология береговой зоны морей и других крупных водоемов. М., Неука, 1971, с. 93-96.

72. *Феофилова А. П.* О месте аллювия в циклах осадконакопления разного порядка и время образования. - Тр. АН СССР, угольная серия, 1954, выи, 151, №5, с. 209-273

73. *Фролов В.Т.* О происхождении ритмичности дельтовых угленосных толщ. – Бюл. МОИП. Отд. геол., 1972, т. XLVIII(4), с. 111-125

74. *Ханин А. А.* О классификации пород-коллекторов нефти и газа. – Разведка и охрана недр. 1956, №1, с. 12-17

75. *Хаин В. Е.* Об общих закономерностях развития тектонических процессов во времени – проблемы прерывности – непрерывности, цикличности-направленности. – Вести. МГУ. Геология, 1981, №4, с. 3-17

76. *Чернова Л. С.* К вопросу о возможном выявлении перерывов в осадконакоплении литологическими методами. – В кн.: Тектоника и нефтегазосных районов Западной Сибири. 1971, с. 120-123. (Тр. СНИИГГиМС, вып. 132)

77. *Чернышев Н. И.* Построение палеогеографических карт по данным электрокаротажа. – В. кн.: Вопросы обработки и интерпретации геофизических наблюдений, Пермь, 19972, №10, с. 129-133.

78. *Шанцер Е. В.* Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. – Тр. ГИН АВ СССР. Геол. серия, 1951, вып. 132, №55. 270 с.

79. *Шелард Ф. П.* Морская геология. Л., Недра, 1969, 401 с.

80. *Шульга В. Ф.* Палеореки раннего карбона Донбасса. М., Наука, 1973, 52 с.

81.

.....

99.....

(Список англоязычной литературы см. в оригинале книги)

74. Ханин А. А. О классификации пород-коллекторов нефти и газа.— Разведка и охрана недр. 1956, № 1, с. 12—17.
75. Хаин В. Е. Об общих закономерностях развития тектонических процессов во времени — проблемы прерывности — непрерывности, цикличности — направленности.— Вестн. МГУ. Геология, 1981, № 4, с. 3—17.
76. Чернова Л. С. К вопросу о возможном выявлении перерывов в осадконакоплении литологическими методами. В кн.: Тектоника нефтегазоносных районов Западной Сибири. 1971, с. 120—123. (Тр. СНИИГГМС, вып. 132).
77. Чернышев Н. И. Построение палеогеографических карт по данным электрокаротажа.— В кн.: Вопросы обработки и интерпретации геофизических Наблюдений, Пермь, 1972, № 10, с. 129—133.
78. Шанцер Е. В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит,— Тр. ГИН АН СССР. Геол. серия, 1951, вып. 132, № 55. 270 с.
79. Шенард Ф. П. Морская геология. Л., Недра, 1969. 401 с.
80. Шульга В. Ф. Палеореки раннего карбона Донбасса. М., Наука, 1973. 52 с.
81. Allen J. R. L. Studies in fluvial sedimentation: a comparison of fining upwards cyclothem, with special reference to coarse member composition and interpretation.— J. Sed. Petrology. 1970, vol. 40, p. 298—323.
82. Carrigy M. A. Deltaic sedimentation in Athabasca tar sands.— Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 1971, vol. 55, N 8, p. 1155—1169.
83. Boyd D. R., Dyer B. F. Frio barrier bar system of South Texas.— Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 1966, vol. 49, p. 170—178.
84. Fisk H. M. Bar-finger sands of Mississippi delta. Geometry of sandstone bodies. Tulsa, Oklahoma, Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 1961, p. 29—52.
85. McKee E. D., Sterrett T. S. Laboratory experiments on form and structure of longshore bars and beaches. Geometry of sandstone bodies.— Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists. 1961, p. 13—28.
86. Nanz R. H. Genesis of Oligocene sandstone reservoir, Seeligson Field, Jim Wells and Kleberg Counties, Texas.— Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 1954, vol. 38, p. 96—117.
87. Pirson S. J. Sedimentological studies by log curve shapes.— In: Geologic well log analysis. 1970, p. 36—58.
88. Pirson S. J. SP and EH curves as redoxomorphic logs.— In: Geologic well log analysis, Houston, Texas, Gulf. Publ. Co, 1970, p. 1—35.
89. Sabins F. F. Anatomy of stratigraphic trap, Bisti field, New Mexico.— Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 1963, vol. 47, N 2, p. 193—228.
90. Saitta S., Visher G. S. Subsurface study of the Southern portion of the Bluejacket delta.— In: Oklahoma City Geol. Soc. Guidebook, 1968, p. 53—68.
91. Sanders J. E., Kumar N. Evidence of shoreface retreat and in-place drowning during Holocene Submergence of barriers, Shelf of Fire Island, New York.— Geol. Soc. Am. Bull. 1975, vol. 86, N 11, p. 65—76.
92. *Sedimentologia*. Wydawnictwa Geologiczne/ Gradzinski R., Kostecka A., Rodomski A., Unrug R., Warszawa, 1976, s. 519—537.
93. Shelton J. W. Stratigraphic models and general criteria for recognition of alluvial, barrier — bar, and turbidity — current sand deposits.— Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 1967, vol. 51, N 12, p. 2441—2461.
94. Shelton J. W. Correlation sections and log maps in determination of sandstone trends.— Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 1972, Vol. 56, N 8, p. 1541—1544.
95. Visher G. S. Use of vertical profile in environmental reconstruction.— Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 1965, vol. 49, N 1, p. 41—61.
96. Visher G. S. Depositional framework of the Bluejacket—Bartsville sandstone.— In: Oklahoma City. Geol. Soc. Guidebook. 1968, p. 32—51.
97. Visher G. S. How to distinguish barrier bar and channel sands.— World Oil, 1969, vol. 68, N 6, p. 106—108.
98. Visher G. S., Saitta S., Phares R. S. Pennsylvanian delta patterns and petroleum occurrences in Eastern Oklahoma.— Bull. Am. Petrol. Geologists, 1971, vol. 55, N 8, p. 1206—1230.
99. Wilkinson B. H. Matagorda Island. Texas. The Evolution of a Gulf coast barrier complex.— Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 1975, vol. 86, VII, p. 959—967

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Часть первая. Песчаные тела-коллекторы и глинистые породы-экраны различных фаций, их седиментологические и электрометрические модели.....	22
Основные принципы установления седиментологических и электрометрических моделей песчаных тел различного генезиса.....	---
Песчаные тела и их значение при поисках литологических ловушек нефти и газа.....	---
Фациальная природа песчаных тел и седиментологические модели фаций.....	24
Литофизические свойства пород и электрометрические модели фаций.....	28
Электрометрические модели ритмов различного генезиса и поэтапная корреляция разрезов.....	44
Седиментологические и электрометрические модели фаций континентальной, прибрежно-морской и дельтовой (переходной) обстановок осадконакопления.....	45
Континентальная обстановка осадконакопления.....	46
Морская обстановка осадконакопления.....	81
Дельтовая (переходная) обстановка осадконакопления.....	113
Ритмостратиграфический анализ и корреляция электрометрических разрезов скважин.....	135
Часть вторая Методика, локального прогноза литологических ловушек нефти и газа по электрометрическим моделям фаций.....	145
Определение фаций по их электрометрическим моделям.....	---
Диагностические признаки фаций.....	---
Диагностика континентальных фаций.....	160
Диагностика морских фаций.....	179
Палеогеографические реконструкции по электрометрическим моделям фаций.....	199
Оперативный локальный прогноз литологических ловушек нефти и газа.....	206
Этапность проведенных работ при осуществлении оперативного локального прогнозирования литологических ловушек нефти и газа.....	212
Примеры применений разработанной методики на Повховской площади и Коголымской группе структур Широтного Приобья Западной Сибири.....	220
Заключение.....	251
Список литературы.....	256