

Н. А. МИХАЙЛОВА

**Методика составления
крупномасштабных
литолого-фациальных
и палеогеографических
карт**



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

551.8

Н. А. МИХАЙЛОВА

Методика составления
крупномасштабных
литолого-фациальных
и палеогеографических
карт

833



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА 1973



Методика составления крупномасштабных литолого-фациальных и палеогеографических карт. Михайлова Н.А. М., "Наука", 1973 г.

На основе детального литолого-фациального изучения терригенной толщи Волго-Уральской области разработана методика построения крупномасштабных литолого-фациальных и палеогеографических карт. Предложены литолого-фациальные карты двух типов. Литолого-фациальные карты общего типа основаны на точном учете различных типов пород в разрезе, содержания которых показаны изолиниями или литофациальными зонами, соответствующими полям литологического треугольника. Выбран оптимальный вариант разбивки треугольника на поля, основанный на подсчетах двух независимых коэффициентов. Разработана и впервые в СССР предложена целая серия карт, характеризующих вертикальную изменчивость пород, степень дифференциации разрезов или размещение зон наибольшей вертикальной концентрации пород одного типа. Карты построены в изолиниях или на них показаны зоны, полученные путем совмещения двух систем изолиний. Такие карты, составленные для песчаников, способствуют выявлению характера и закономерностей размещения литологических ловушек. Все типы предложенных литолого-фациальных карт, карты изопахит и другие общегеологические данные служат основой для построения палеогеографических карт. В работе приведены примеры построения карт.

Библ. 52 назв. Илл. 19.

Ответственный редактор
доктор геол.-минер. наук С.Г. САРКИСЯН

Предлагаемая методика построения литолого-фациальных и палеогеографических карт разработана в Лаборатории палеогеографии имени В.П. Батурина. Она основана главным образом на материалах автора, собранных при литологических исследованиях терригенной толщи девона Волго-Уральской области (Башкирия, Татария, Удмуртия, Пермская и частично Кировская области).

Теоретическое и практическое значение литолого-фациальных и палеогеографических карт очень велико. С помощью таких карт, используемых совместно с картами изопахит и структурными картами, а также с соответствующими общими сведениями, осуществляются прогноз и поиски месторождений нефти и газа. Естественно, что направленность литолого-фациальных и палеогеографических карт на решение определенных практических задач отражается в их содержании. При составлении этих карт с целью поисков нефти и газа они прежде всего должны помочь решить следующие задачи: 1) восстановить общую геологическую историю развития и, в особенности, историю тектонических движений исследуемой площади; 2) выделить районы с условиями благоприятными для накопления, сохранения и дальнейшего преобразования органического вещества; 3) выделить районы с условиями, благоприятными для образования пород-коллекторов как песчаных, так и карбонатных; 4) выделить районы с широким развитием непроницаемых пород-покрышек, способствующих образованию и сохранению нефтяных и газовых залежей.

Получить ответ на поставленные вопросы можно лишь на базе широких литолого-фациальных и палеогеографических реконструкций. Основанием для таких реконструкций должен явиться анализ тектонического режима как наиболее общего фактора, обуславливающего распределение древних ландшафтов, а также изучение генетических признаков пород как основных критериев для восстановления древних обстановок.

Однако, несмотря на широкую постановку палеогеографических исследований и их большую актуальность, в литературе существуют различные представления о содержании литолого-фациальных и палеогеографических карт и, соответственно, приводятся разнообразные способы их построения. Имеется известный разноречивый и в наименованиях карт: карты, одинаковые по существу и по методике построения, называются по-разному, и, наоборот, различные по содержанию карты носят одинаковое наименование. Часто палеогеографические карты подменяются литолого-фациальными или строятся в крайне схематизированном виде.

Одной из основных причин такой неупорядоченности в наименовании карт, как нам кажется, является отсутствие до сих пор единого понимания термина "фация". Спор о формальном определении термина "фация" ведется давно, с момента возникновения этого слова, из-за разных аспектов понятия и разных определений, предложенных в свое время А. Грессли (Gressly, 1838-1841), И. Вальтером (1912) и др. Тем не менее термином широко пользуются в целом ряде смежных геологических наук: региональной геологии, литологии, геохимии, геотектонике, учении о полезных ископаемых и т.д. Особенно широкое распространение он получил в последние два десятилетия в связи с широким развитием разнообразного комплекса литологических исследований и вместе с тем, как справедливо указывает Г.Ф. Крашенинников (1960 г.), начал быстро терять свою определенность.

Различными авторами было выделено много новых типов фаций, названия которых ясно указывают на принципы, положенные в основу их группировки. Появились фации тектонические (Слосс и др., 1953; Хаин, 1950), геохимические (Пустовалов, 1933; Ферсман, 1934; Теодорович, 1947), геофизические (Попов, 1950), терригенно-минералогические (Пустовалов, 1947), топофации и динамофации (Бушинский, 1954), фации диагенеза (Вассоевич, 1948), фации отрицательной седиментации (Марковский, 1948) и др.



Нет необходимости здесь детально освещать итоги многочисленных дискуссий о содержании понятия "фашиа" и о делении фашиа на типы, поскольку это не входит в нашу задачу и, кроме того, подробно анализировалось в целом ряде работ (Вассоевич, 1948; Жемчужников, 1948; Марковский, 1948; Хаин, 1950; Давыдова, Гольдштейн, 1957; Маркевич, 1957; Крашенинников, 1960 и др.). Следует лишь указать, что в последнее время отчетливо наметилось два направления в понимании термина "фашиа", одно из которых отдает приоритет материальной субстанции — породам, другое — генетической стороне дела, т.е. тем условиям, в которых эти породы образовались.

Представителями первого являются Н.С. Шатский (1955), Г.П. Леонов (1956) и др. Ссылаясь на А. Грессли (Gressly, 1840), в основу своего представления о фашиах они кладут сведения об изменениях по площади структурно-текстурных и минералого-петрографических особенностей пород данного возраста. Для характеристики условий образования пород Н.С. Шатским предлагается отдельный термин — "генетический тип". В таком понимании термин "фашиа" полностью лишается генетического содержания, что позволяет выделять самые разнообразные типы фашиа, поскольку изменения пород по площади могут касаться различных признаков этих пород.

Большинство литологов иначе трактует понятие "фашиа", связывая его в первую очередь со сведениями об условиях образования пород. В определениях А.А. Борисьяка (1922), Ю.А. Жемчужникова (1948), Г.Ф. Крашенинникова (1960), Д.В. Наливкина (1955-1956), Н.И. Страхова (1948), В.П. Маркевича (1957) подчеркивается единство, существующее между условиями образования осадков (пород) и их вещественным составом. В этом единстве заключается сущность понятия "фашиа", и именно такой смысл в него вкладывали А. Грессли (Gressly, 1838, 1841) и несколько позже Н.А. Головкинский (1869). Можно согласиться с Г.Ф. Крашенинниковым (1960), который считает, что "фашиа — это геологическое тело, представленное одной или несколькими породами, образовавшимися в одинаковой физико-географической обстановке, восстановленной с помощью генетических признаков породы (или пород)".

Такое определение связывает воедино представление о породе и об обстановке ее образования. Любая палеогеографическая обстановка может быть восстановлена лишь на основании детального, всестороннего изучения пород: их петрографических, геохимических, палеонтологических и других признаков. Напротив, никакая порода не могла образоваться вне связи с обстановкой, и изучение пород без генетического истолкования превращает фашиальный анализ в простое петрографическое описание, на основе которого невозможны никакие палеогеографические реконструкции. Таким образом, фашиальный анализ опирается на наличие неразрывной, всегда имеющейся связи между объективно существующими породами со всеми их генетическими признаками и палеогеографическими условиями, восстановленными исследователем на базе изучения этих признаков. Такое понимание фашиа обуславливает и соответствующее содержание и наименование литолого-фашиальных и палеогеографических карт.

Вслед за Г.Ф. Крашенинниковым и др. (1963) под литолого-фашиальной картой нами понимается такая карта, на которой представлено распределение типов пород данного стратиграфического интервала без нанесения условий образования пород. Карта может содержать генетические данные, касающиеся происхождения пород, основанные только на литологических признаках пород (структура, текстура, петрографический состав обломочной части, состав и структура цемента и др.).

На палеогеографической карте показывается распространение физико-географических обстановок определенного отрезка времени геологического прошлого. При этом допускается экстраполяция, основанная на использовании установленных закономерностей распределения физико-географических обстановок и, в частности, на сведениях об их связи с тектоническими структурами и данных об унаследованном длительном развитии основных структурных элементов земной коры.

Литолого-палеогеографические карты являются результатом совмещения нагроузки литолого-фашиальных и палеогеографических карт. Однако, из-за того, что теперь литолого-фашиальные карты, как правило, ассимилируют большей частью исходных литологических данных, на них "не остается места" для отображе-

ния палеогеографической информации. Кроме того, при таком совмещении может исчезнуть четкость в разделении фактического материала и основанных на нем выводов от различных экстраполяций, да и сами карты могут стать невыразительными. Поэтому при современном уровне развития геологии построение литолого-палеогеографических карт в условиях детального картирования нецелесообразно.

Предлагаемая ниже методика относится к построению литолого-фациальных и палеогеографических карт. Основное внимание при этом уделено способам построения различных типов литолого-фациальных карт, которые мы считаем наиболее важным документом при решении практических задач, стоящих перед геологами-нефтяниками. Действительно, любая палеогеографическая карта является синтезом наших знаний, основанных на изучении генетических признаков¹ реально существующих осадочных пород и отображает реально существовавшие, но на сегодня уже исчезнувшие физико-географические обстановки.

Литолого-фациальные карты тесно связаны с реально существующими сегодня материальными объектами и характеризуют размещение в пространстве отдельных литологических пластов и пачек, являющихся как бы отображением в камне исчезнувших обстановок. Отсюда ясно, что палеогеографические карты способствуют решению основных теоретических вопросов исторической геологии, а соответственно, и выяснению главных закономерностей размещения полезных ископаемых в земной коре. Выявленные закономерности позволяют дать общие рекомендации для их поисков. Так, например, прибрежные области морей при прочих благоприятных факторах являются перспективными для поисков осадочных руд железа и марганца, впадины в древнем рельефе — для поисков бокситов и других месторождений, связанных с перетолженными продуктами коры выветривания, аллювиальные равнины — для поисков россыпных месторождений, области мелководных морей и внутриконтинентальных крупных водоемов — для поисков нефти и газа. Особого внимания заслуживают при этом зоны смены физико-географических обстановок, обуславливающие и смену фаций, соответственно и различных типов пород. Для дальнейшего более конкретного прогнозирования, связанного с выявлением размещения на площади и в разрезах отдельных перспективных пластов и пачек, непроницаемых покрышек, зон выклинивания пластов, размещения рифогенных массивов и т.д., естественно, более удобны литолого-фациальные карты, непосредственно отображающие литологический состав отложений.

Построение карт было проведено для южного и частично северного куполов Татарского свода, с территории которых был отобран и подвергнут детальному литологическому изучению в лабораторных условиях керновый материал более чем по 100 скважинам, расположенным по возможности равномерно и на всех разведочных и эксплуатационных площадях указанной территории: Абдрахмановской, Миннибаевской, Ново-Елховской, Ново-Ибрайкинской, Черемшанской, Зай-Каратайской, Южно-Ромашкинской, Лениногорской, Бугульминской, Сулинской, Азнакаевской, Уральской, Чишминской, Сулеево-Ташляярской, Муслимовской, Мензелино-Актанышской, Тлянчи-Тамакской, Березовской, Акташской, Поповской, Ново-Мусабаевской, Афанасовской, Елабужской, Граханской, Привятской, Бехтерево-Танайской, Усть-Икской, Луговой, Южно-Бондюжской, Бондюжской, Первомайской, Азеве-Салаушской, Кучуковской, Кырыкмасской.

В работе не освещается методика исследования керна, характеристика литологии терригенной толщи и генетических типов пород, участвующих в ее строении, строение отдельных разрезов. Эти данные уже опубликованы (Михайлова, 1968). К тому же цель настоящей работы иная. В ней стоит задача разработать способы наиболее рационального и наглядного графического изображения полученных результатов. Поэтому лишь укажем, что изучение большого количества кернового материала по скважинам, вскрывшим терригенную толщу не только в пределах Татарского свода, но и на целом ряде других структур центральных и северных районов Урало-Поволжья, и четкая увязка его с каротажными данными

¹ Среди них, по Г.Ф. Крашенинникову (1960), выделяются группы петрографических, палеонтологических, физико-химических, геометрических и парагенетических признаков.

позволили нам привлечь дополнительно для построения карт по Татарскому своду каротажные материалы еще по 250-270 скважинам. Карты построены для пашийского горизонта, содержащего основные нефтеносные в пределах Татарского свода пласты толщи D_1 (а, б, в, г, д).

Разработанная методика включает в себя приемы построения целого ряда карт, часть которых предложена впервые нами. Это целиком относится к литолого-фациальным картам, касающимся изображения вертикальной изменчивости отдельных пластов, в нашем случае - песчаников. Такие карты, характеризующие размещение и количество песчаных пластов не только по площади, но и на различных глубинах в выбранном стратиграфическом интервале разреза, нам кажутся особенно важными с практической точки зрения. Поэтому мы сочли необходимым привести для примера построение аналогичных карт, но в более крупном масштабе для отдельных структур, расположенных не на Русской платформе, а на более молодой эпигерцинской платформе. Выделение песчаных пластов и корреляция их в этом случае проведены целиком по каротажным данным.

Карты построены для трех структур - Жетыбайской, Пунгинской и Северо-Покурской, в пределах каждой из которых обнаружены нефтяное или газовое месторождения. Для Жетыбайской структуры, расположенной на Узень-Жетыбайской ступени Южно-Мангышлакского прогиба, построена серия карт в масштабе 1:25000 для батского и байосского ярусов средней юры. В пределах Западно-Сибирской платформы построены карты в масштабе 1:25000 для верхнеюрских газоносных отложений Пунгинского месторождения, расположенного на Шухтунгорском валу Северо-Сосьвинского свода, и карты в масштабе 1:50000 для нижнемеловых отложений Северо-Покурского месторождения, расположенного в пределах Нижне-Вартовского свода.

В литологической обработке кернов, помимо автора, принимали участие В.И. Трапенова и Л.Л. Цветнова, которым автор выражает свою признательность. Автор благодарен заведующему Лабораторией палеогеографии им. В.П. Батурина, проф. С.Г. Саркисяну за советы и помощь в работе.

Один из основных вопросов, с которым сталкивается исследователь при составлении как литолого-фациальных, так и палеогеографических карт, заключается в выборе масштаба карты и того стратиграфического интервала, для которого она строится. Необходимо отметить, что в настоящее время также, как нет единых наименований и единых способов построения, нет и единого деления карт по их масштабам. В этом легко убедиться, если взглянуть на приведенную ниже таблицу.

На пятом Всесоюзном литологическом совещании (1961 г., Новосибирск) были приняты следующие основные группы карт:

- 1) мировые карты, масштаб 1:25 000 000 и мельче;
- 2) карты материков или их крупных частей, масштаб от 1:2 500 000 до 1:25 000 000 (сюда относятся основные, вышедшие в последние годы, атласы карт у нас и за рубежом);
- 3) карты региональные, масштаб от 1:500 000 до 1:1 000 000;
- 4) карты местные, масштаб от 1:50 000 до 1:200 000;
- 5) карты крупномасштабные, масштаб крупнее 1:50 000.

В этом случае, нам кажется, прав В.И. Попов (1963), указавший на разные принципы, положенные в основу принятого подразделения карт. Вначале карты делятся и именуются по их содержанию (карты материков, карты регионов), а в конце - по размерности масштабов (крупномасштабные, среднемасштабные и т.п.). По-видимому, при разделении по масштабам литолого-фациальных и палеогеографических карт более логичным следует считать их разделение по размерности масштабов, как это делается при составлении географических и геологических карт. В этом плане наиболее выдержанной и удобной является классификация, предложенная Л.Б. Рухиным, которой в основном мы и считаем нужным придерживаться, несколько расширяя лишь объем крупномасштабных карт (от 1:200 000 до 1:100 000 и крупнее).

Непосредственный выбор масштаба карты зависит от задач проводимых литологических исследований и обуславливается целым рядом причин, как-то: коли-

Таблица

Наименование карт в зависимости от их масштаба, по представлениям разных авторов

Карты	Л.Б.Рухин 1959	А.В.Хабаков 1962	В.И.Попов 1963
Обзорные	1 : 5 000 000 и мельче	1 : 10 000 000 и мельче	1 : 2 500 000 и мельче
Региональные	-	От 1:10 000 000 до 1:1 500 000	-
Мелкомасштабные	1 : 2 500 000	-	-
Среднемасштабные	От 1 : 1 000 000 до 1:500 000	-	От 1 : 1 000 000 до 1:500 000
Полудетальные	-	-	От 1 : 200 000 до 1:100 000
Детальные	-	от 1 : 1 000 000 до 1:100 000	1:50 000 и крупнее
Крупномасштабные	От 1 : 200 000 до 1 : 100 000	-	-

чеством и равномерностью распределения фактического материала, степенью изученности стратиграфии, палеотектоники, литолого-фашиальной изменчивостью разрезов и т.д. При этом научная и прогнозная ценность палеогеографических карт зависит от масштаба значительно меньше, чем карт литолого-фашиальных. Действительно, полученный в результате литологических исследований общий вывод о замкнутости бассейна или его связи с открытым морем сохраняет свое значение при любом уменьшении масштаба карты так же, как и общие контуры береговых линий, направления сноса, течений и т.д. В то же время различная детальность рисовки границ литолого-фашиальных зон на литолого-фашиальных картах разного масштаба имеет существенное значение для целей конкретного прогнозирования.

Учитывая имеющиеся в настоящее время уже опубликованные и выходящие из печати атласы обзорных литолого-фашиальных и палеогеографических карт, считаем, что при решении вопросов нефтяной геологии сплошное картирование можно начинать с составления мелкомасштабных (1:2 500 000), а в более старых районах, таких как Русская платформа — и среднемасштабных (1:500 000; 1:1 000 000) карт, охватывающих отдельные нефтеносные области. На более интересных и перспективных площадях последних необходимо развертывание широких и углубленных литологических исследований, которые послужат основой для построения крупномасштабных литолого-фашиальных и палеогеографических карт. Для структур II порядка такие карты должны составляться в масштабах 1:200 000 и 1:100 000; для отдельных структур III порядка и более детальные, в масштабах 1:50 000 и 1:25 000.

Вопрос о количестве необходимого фактического материала для карт разного масштаба в литературе почти не обсуждается, что, по-видимому, связано с наличием многих самых разнообразных причин, влияющих на получение нужной литологической информации. Желательным считается, чтобы расстояние между точками, представляющими разрезы, было не менее 2-3 см и не более 10-12 см, на картах любого масштаба, или, чтобы на каждом квадратном дециметре карты было не менее двух-трех разрезов. Исходя из опыта, считаем, что при составлении среднемасштабных (1:500 000 и 1:1 000 000) карт помимо обязательного использования материалов по всем параметрическим и опорным скважинам, необходимо широко использовать наиболее полно охарактеризованные керном разрезы отдельных разведочных скважин. При этом следует привлекать разрезы всех разбуриваемых на площади структур. При наличии хорошо разбуренных небольших структур с мало меняющимся строением разрезов достаточно использовать один из них, наиболее полно представленный керном. В случае большой фашиальной изменчивости пород в пределах структуры количество необходимых разрезов должно возрасти до трех-пяти. При крупномасштабном картировании оно, естественно, еще увеличивается, кроме того, здесь дополнительно привлекается большое количество чисто каротажных данных по скважинам. Привлечение только каротажных материалов становится возможным на основе детального литологического изучения многочисленных разрезов скважин, наиболее полно охарактеризованных керном. Такое изучение позволяет произвести точную увязку керновых и каротажных данных и последующую интерпретацию последних.

Количество карт, необходимых при разного рода исследованиях, зависит от поставленной задачи, детальности исследования и степени изменчивости изучаемого интервала в вертикальном направлении.

При построении литолого-фациальных и особенно палеогеографических карт необходимо стремиться увеличить точность отображения древних обстановок. Для этого нужно по возможности сузить интервал геологического времени, для которого строится карта. В идеале каждая такая карта должна отображать какой-то один момент геологической истории и являться как бы монофациальным срезом. Естественно, что для ее составления требуется достаточно точная и детальная стратиграфическая схема картируемых отложений.

Опираясь в основном на единые унифицированные биостратиграфические схемы, литологи должны стремиться к более дробной корреляции, для чего необходимо, помимо палеонтологических, использовать комплекс иных методов: литологических, минералогических, ритмостратиграфических, геофизических и др. Следует подчеркнуть, что каждая литолого-фациальная и палеогеографическая карта должна отражать определенный изохронный отрезок времени, а не литологически однородный фациальный комплекс (например, базальный трансгрессивный) со скользкими возрастными границами.

Как уже сказано, по мере углубления и расширения литологических исследований для построения карт выбираются все более короткие промежутки времени. Особого внимания в этом отношении заслуживают работы коллектива литологов-угольщиков (Строение..., 1959, 1960) по угленосным отложениям среднего карбона Донбасса. Работы эти были проведены на детальной комплексной биоритмостратиграфической основе. Всего в разрезе среднего карбона Донбасса было установлено около 200 циклов I порядка с мощностью от 10 до 30-40 м. Для каждого седиментационного цикла I порядка строились две карты - одна для конца регрессивной части цикла, другая для максимальной трансгрессии моря. Каждая такая карта отображает палеогеографию очень короткого интервала времени - примерно в 15-20 тыс. лет и исключает по существу необходимость обобщения условий, требующуюся при построении карт для более длительных отрезков времени.

К сожалению, в настоящее время детальность литологических исследований редко достигает упомянутой выше. Как правило, литолого-фациальные и палеогеографические карты строятся для отдельных горизонтов, подъярусов, ярусов (иногда для нескольких ярусов) и свит. Если резкая смена фаций в данной области приурочена к средней части таких стратиграфических единиц, то составляют по две карты, отдельно для ее верхней и нижней частей. При исследовании ритмично построенных толщ иногда строятся карты для отдельных ритмов. Во всех этих случаях исследователь неизбежно сталкивается с вопросом суммирования или усреднения как литофаций, так и палеогеографических обстановок.

Как уже указывалось выше, в последнее время как у нас, так и за рубежом появилось много работ, пропагандирующих количественные методы изучения взаимоотношений различных типов пород в разрезах. Это вызвано необходимостью повышения объективности литолого-фациальных карт. Без строгих количественных подсчетов любое проведение границ на картах является в известной мере условным. По такой карте практически трудно дать количественную оценку литологического строения картируемого интервала и определить степень его изменчивости по площади. Употребление для характеристики различных зон на картах таких терминов, как "песчано-глинистые фации", "глинисто-песчаные", "песчаные", "грубообломочные" и т.п. позволяет различно толковать содержание одной и той же карты. Поэтому нам кажется, что введение точных количественных градаций при построении литолого-фациальных карт совершенно необходимо, особенно в условиях, когда они строятся для сравнительно больших промежутков времени. Ис-

ключение могут составлять лишь "монофациальные" карты-срезы для дробных стратиграфических интервалов, подобные упомянутым картам по среднему карбону Донбасса. В пределах любого участка карты такого рода, по существу, изображаются отложения одной фации, представленные преимущественно породами одного типа.

При построении палеогеографических карт вопрос количественной оценки времени существования различных обстановок не возникает вообще в силу целого ряда причин, связанных главным образом с недостаточностью наших знаний и методов определения абсолютного возраста пород, длительности образования осадков разного типа в разных условиях и т.д. Поэтому при выборе стратиграфического интервала для построения палеогеографических карт возможны два пути, каждый из которых вполне оправдан и зависит от конкретных задач, стоящих перед исследователем.

При проведении средне- и крупномасштабного картирования литолого-фациальные карты строятся для отдельных горизонтов, подъярусов и ярусов. Соответственно для этих же интервалов времени следует строить и палеогеографические карты. Однако необходимо учитывать, что не только в течение века, но часто и времени различные обстановки не сохраняют полностью своего положения в пространстве: меняются направления береговых линий, течений, речных русел, конфигурации границ, площади, занимаемые отдельными зонами, и т.д. Поэтому при построении карты следует учитывать лишь наиболее устойчивые, наиболее длительно существовавшие, преобладавшие в данное время обстановки. Положение же береговой линии лучше фиксировать дважды, для момента максимального наступления и максимального отступления бассейна, оконтуривая, таким образом, зону миграции береговой линии за промежуток времени, для которого составляется карта.

При изучении пачек пород с большой фациальной изменчивостью необходимо строить несколько карт. Каждая из них должна отображать палеогеографию минимально короткого одновозрастного интервала времени, в течение которого физико-географические условия по существу сохранялись постоянными. Чаще всего такой прием используется при исследовании ритмично построенных толщ. Они наиболее легко подразделяются на небольшие пачки, одновозрастные коротким интервалам времени, например, времени максимальной трансгрессии или максимальной регрессии.

Однако не обязательно построение палеогеографических карт связывать только с этими интервалами времени, ибо при ограниченной площади детальной карты не всегда они будут наиболее выразительными. Желательно составлять карты и для середины ритмов, и для начальных стадий неполного затопления или неполного осушения территории. Как указывает А.В. Хабаков (1962), именно в переходные времена, если исходить из основных идей А.П. Карпинского, всего отчетливее проявляется взаимосвязь изменений палеогеографических условий с расположением главных осей древних поднятий и прогибов.

После того, как выбраны масштаб, стратиграфический интервал картирования и определено число карт, которые нужно составить, а также подобраны необходимые для их построения разрезы, следует перейти к систематизации имеющегося фактического материала. Поскольку перед нами стоит задача разработки методики построения карт, т.е. наиболее наглядного графического изображения литолого-фациальных и палеогеографических данных, мы заранее исходим из того факта, что для всех отобранных нами разрезов уже проведен полный комплекс необходимых литологических и фациальных исследований с применением всех современных методов, описание которых можно найти в многочисленных руководствах и справочниках (Пустовалов, 1940; Наливкин, 1955-1956; Методы изучения осадочных пород, 1957; Рухин, 1959; Страхов, 1960; Попов и др., 1965). Предполагаем, что для каждого из выбранных интервалов разрезов проведено углубленное литологическое и палеонтологическое исследование пород с выделением комплекса генетических признаков (петрографических, палеонтологических, физико-химических, геометрических, парагенетических), на основании которых установлена фациальная принадлежность отложений и выяснены условия их образования.

В целях систематизации материала для каждого разреза составляется карточка фактических данных по образцу, предложенному инструкцией (Условные обозначения..., 1962). На каждой карточке отмечается ее порядковый номер, местонахождение разреза, площадь и номер скважины или обнажения, географические координаты, альтитуда и глубина забоя, детальное стратиграфическое подразделение разреза (пачки, горизонты, подъярусы, ярусы), глубины кровли и подошвы, мощности отложений, мощности и процентное содержание различных типов пород в разрезе, коэффициент песчаности, коэффициент кластичности и целый ряд других коэффициентов, характеризующих состав толщи, а также вертикальное размещение отдельных пластов по разрезу, о которых будет сказано ниже. Кроме того, на обратной стороне карточки приводится несколько схематизированная колонка разреза в масштабе 1:1000, с текстурной характеристикой пород, с указанием аутигенных минералов, фауны, флоры, с характеристикой верхнего и нижнего контактов горизонта, указанием размывов и с заключением о принадлежности отложений к определенной литолого-фациальной зоне и определенной палеогеографической обстановке.

Все подобранное для составления карт разрезы наносятся на рабочую топооснову выбранного масштаба. Положение скважин обозначается кружком, обнажений - квадратиком. При этом скважины, по которым изучен керновый материал, обозначаются двойным кружком, скважины, по которым использованы только каротажные данные, одинарным кружком. Буквы и цифры возле значков скважин соответствуют начальным буквам наименований площадей и номерам скважин. Иногда имеющие указанный смысл буквы и цифры ставятся в числителях. В этом случае цифры знаменателей соответствуют или мощности отложений, или значению какого-либо коэффициента. На детальном описании условных обозначений, используемых для характеристики разрезов, литолого-фациальных и палеогеографических карт считаем возможным не останавливаться, так как предлагаем в основном легенду, разработанную коллективом литологов и палеонтологов ИГиРГИ, для составления среднемасштабных (1:500 000) литолого-фациальных и палеогеографических карт по палеозою Волго-Уральской области и мезо-кайнозою Северного Кавказа (Методические указания..., 1967). Рекомендуемая легенда во многом похожа на ранее предложенную (Условные обозначения..., 1962) и отличается от нее главным образом большей детализацией знаков, необходимой при увеличении масштаба карт. Нами предлагаются лишь несколько иные, чем в легенде ИГиРГИ и ВНИГРИ, условные обозначения литолого-фациальных зон. Это связано с различием принципов, положенных в основу построения литолого-фациальных карт.

На детальных картах с более дробным количественным подразделением различных комплексов отложений полосовое изображение фациальных зон будет сильно проигрывать в наглядности и читаемости, если отдельным горизонтам будет свойственна большая фациальная изменчивость. Поэтому мы предлагаем штриховку для отображения каждой зоны делать однообразной, без полос, учитывая в ней так или иначе условный знак, предложенный в легенде для преобладающего типа отложений. А поскольку для построения литолого-фациальных карт мы рекомендуем пользоваться методом литологических треугольников, то соотношение в зоне отдельных типов отложений будет легко определяться не по числу полос, а по приложенному к карте треугольнику.

Для палеогеографических карт цветные обозначения являются уже почти общепринятыми. Удачными, нам кажутся цветные штриховки, предложенные для детализации палеогеографических обстановок. Однако, предлагая в основном легенду, разработанную в ИГиРГИ, мы считаем, что при необходимости возможны известные видоизменения в условных обозначениях, и в частности, введение особых дополнительных значков, связанных со спецификой изучаемых объектов и конкретными задачами исследования.

Карты общего типа

Методика построения карт

Литолого-фациальная карта, исходя из принятого нами определения, должна отображать распределение типов пород данного стратиграфического интервала с учетом их генетических данных, основанных на литологических признаках. При этом следует различать две категории литолого-фациальных карт: общего типа и вертикальной изменчивости пород. Литолого-фациальные карты общего типа, широко распространенные в практике, характеризуют пространственные изменения относительного или абсолютного содержания разных пород, вне зависимости от их положения в разрезе. Карты вертикальной изменчивости предлагаются нами впервые и характеризуют степень дифференциации разреза на отдельные пласты или размещение в пространстве зон наибольшего скопления пород одного типа с указанием их относительного положения в разрезе. Настоящий раздел касается методики построения карт общего типа.

Существующие на сегодня разнообразные методы литолого-петрографических исследований позволяют проводить довольно детальное расчленение изучаемых стратиграфических интервалов с достаточно дробным выделением генетических типов пород. Естественно, что не всегда можно, даже на картах крупного масштаба, показать распределение по площади всего многообразия выделенных типов, не перегрузив при этом чрезмерно карту. Поэтому возникает необходимость объединения отдельных разновидностей пород в более крупные генетические группы, которые бы и отображались на картах. Число групп необходимо подобрать так, чтобы они отражали специфику изучаемого интервала и излишне не перегружали карту, не усложняли ее построение и не затушевывали основные закономерности литологических изменений.

Отложения мелководных шельфовых морей, наиболее широко распространенные в пределах нефтяных месторождений, почти всегда могут быть представлены в виде трех основных групп пород: 1) гравийно-песчаных пород и крупнозернистых алевритов, среди которых присутствуют основные гранулярные породы-коллекторы; 2) глинисто-алевроитовых непроницаемых пород; 3) карбонатно-сульфатных пород. Такая группировка не исключает возможности иных подразделений, обусловленных спецификой конкретно изучаемого объекта. Так, например, в карбонатно-сульфатных разрезах могут быть выделены группы известковых, доломитовых и гипсово-ангидритовых пород, в чисто известняковых разрезах — группы обломочных, хемогенных и органогенно-детритусовых известняков и в песчаных разрезах — группы аркозовых, граувакковых и кварцевых песчаников или отсортированных, неотсортированных и разнозернистых и т.д.

Количественное отображение литологических изменений по площади проводится либо с помощью изолиний, либо путем разграничения литолого-фациальных зон с определенными количественными соотношениями выделенных групп пород. Это обуславливает необходимость по возможности максимально точных подсчетов мощностей каждой из выделенных групп пород во всех привлекаемых для построения карт разрезах.

Наиболее простыми количественными литолого-фациальными картами общего типа являются карты процентов и изолит. В этом случае картируется абсолютное или относительное распределение по площади пород одного из выбранных генетических типов или группы пород сходного литологического состава. Так, например, если позволяют имеющиеся данные, можно построить карту распространения оолитовых известняков, или известняков вообще, карту русловых песчаников или морских шельфовых песчаников вообще (прибрежных, островных, течениевых), т.е. карту для любого из компонентов разреза, представляющего интерес для целей проводимого исследования.

Карты характеризуют отношение мощности выбранного литологического компонента к суммарной мощности разреза, выраженное в виде дроби или в процентах от общей мощности разреза, и называются картами процентов. Чтобы построить

такую карту, необходимо в каждом пункте наблюдения подсчитать мощность выбранного компонента и суммарную мощность изучаемого стратиграфического интервала и вычислить необходимое отношение. Полученные цифры процентов или дробей надписываются у точек наблюдения на карте и на их основе обычным способом интерполяции проводятся линии равных процентных содержаний выбранного компонента в 5%, 10% и т.д. или линии равных отношений 0,2; 0,4...1,0.

Построенные таким образом карты дают представление об относительном содержании выбранного компонента в разрезе, но не приводят сведений о его мощности, что до известной степени снижает их практическую значимость. Во избежание этого следует карты процентов совмещать с обычными картами изопахит изучаемого стратиграфического интервала или вместо карт процентов строить карты изопахит для выбранного компонента разреза, которые в американской практике именуются картами изолит (Le Roy, 1950).

В качестве примера может быть рассмотрена совмещенная карта изопахит и относительной песчаности байосских отложений средней юры месторождения Жетыбай (рис.1). Карта построена целиком по каротажным данным и показывает относительное содержание песчаников в разрезе терригенной байосской толщи вне зависимости от их генезиса. Общая мощность байосских отложений колеблется от 305 м на юге, до 380 м на северо-западе. Максимальные изопахиты в 370, 380 м на северо-западной периклинали месторождения приурочены к поднятым центральным частям структуры, вытянуты по длинной оси складки, неправильно изогнуты и замкнуты. На юго-восточной периклинали в присводовой части структуры располагается участок наименьших мощностей, протягивающийся почти широтно и замкнутый изопахитами в 330 и 340 м. Увеличение мощностей происходит на север, северо-запад, запад и юг от этого участка, где появляются изопахиты в 360 и 370 м. Зона увеличенных мощностей, окаймляя указанный участок, как бы сечет структуру с юга на северо-запад и далее на северо-восток. К западу и юго-западу от этой зоны мощности снова уменьшаются до 325 и 305 м, образуя участок пониженных мощностей почти в центральной части структуры. На юг от него мощности делаются еще меньше, а на северо-запад постепенно растут в сторону максимума, расположенного на северо-западной периклинали.

Коэффициент песчаности толщи, выраженный в процентах от мощности байосских отложений, обнаруживает в общем случае обратную закономерность: зонам наименьших общих мощностей соответствуют максимальные значения коэффициента песчаности, а в зонах наибольших мощностей они минимальны. Особенно отчетливо это заметно в центральной части структуры, где минимальным изопахитам, открывающимся на юге и имеющим значения до 310 м, соответствуют изолинии процентов песчаности (от 45% до 70%), почти с теми же простираниями. В северо-западной части структуры, в зоне повышенных общих мощностей, изолинии песчаности минимальны и почти под прямым углом секут изопахиты, увеличиваясь с северо-запада от 35% в юго-восточном направлении. На юго-восточной периклинали, за центральной зоной максимальной песчаности, относительная роль песчаников более стабильна и колеблется от 40 до 50%. Тем не менее и здесь, в осевой части структуры, в зоне пониженных мощностей, песчаность колеблется от 45 до 50%, а к северу, в зоне максимальных мощностей, от 40 до 45%.

Описанные карты процентов могут быть построены и для нескольких типов пород, выделенных в разрезе. Комбинирование их на одной основе даст более полную характеристику толщи. В этом случае границы литолого-фациальных зон должны совпадать с выбранными для характеристики зон граничными изолиниями процентных содержаний отдельных компонентов. При выделении в разрезах трех основных компонентов, о чем говорилось выше, достаточно скомбинировать карты процентов для двух наиболее важных из них, чтобы получить представление о строении изучаемого интервала.

Однако для характеристики трехкомпонентной системы более удобным и наглядным является способ литологических треугольников, широко применяемых среди американских литологов (Слосс, 1956; Леворсен, 1957; Крумбейн, Слосс, 1960), а в последнее время получивший распространение и у нас (Саркисян, Михайлова, 1961; Бененсон, 1962; Скобелин, 1965; Михайлова, 1968). Способ треуголь-

ников, являющийся одной из разновидностей метода изолиний, основан на строгой количественной градации картируемых объектов, на положении о непрерывности и постепенности литологических изменений. Он предусматривает картирование толщ, в которых все слагающие их разности пород могут быть сведены в три близких по составу и генезису комплекса. Это не исключает возможности картирования способом треугольников одно- и двухкомпонентных разрезов, а при некоторых дополнительных построениях и более, чем трехкомпонентных. В последнем случае при каждой вершине основного треугольника, в которой могут быть объединены несколько типов пород, можно построить дополнительный треугольник для индивидуализации каждого из типов, если они представляют для этого какой-либо особый интерес.

Существуют разнообразные способы разбивки треугольников на отдельные поля, воспроизводимые затем на соответствующих картах. При этом необходимо строго учитывать, что ввиду непрерывности и постепенности литологических изменений соседними на литолого-фациальной карте могут быть лишь такие зоны, которым соответствуют смежные поля в литологическом треугольнике. Однако не обязательно отдельная литолого-фациальная зона на карте должна ограничиваться всеми зонами, с которыми она граничит в треугольнике.

При выборе наиболее рационального способа разбивки треугольников на отдельные литолого-фациальные поля надо исходить из такого расчета, чтобы выделенные градации литологических типов разрезов наглядно показали бы наиболее характерные изменения в литологическом составе толщи и помогли выявить с наибольшей полнотой историю осадконакопления изучаемой территории. Поэтому один и тот же способ разбивки не может дать одинаково ценные результаты при составлении карт разного масштаба, при разных задачах исследования и разном строении изучаемой толщи. Характер и детальность разбивки в основном зависят и определяются указанными выше причинами. Для выбора наиболее рациональных путей и способов деления треугольника на отдельные литолого-фациальные поля нами использованы три принципиально различных способа разбивки (рис.2): по Ч.Пельто (Pelto, 1954), по В.Крумбейну, Л.Слоссу (1960) и по системе ВНИГРИ (Условные обозначения... 1962). Каждый из способов может иметь свои видоизменения и дополнения.

Способ Пельто предусматривает симметричную разбивку треугольника на семь классов (см. рис.2,а). В основу деления положены значения функции D (classifying function), предложенной Пельто. Каждый из выделенных в треугольнике классов ограничен максимальным значением функции D , равным 100, от всех остальных классов. Значения функции D выражают относительные содержания каждого из трех основных типов пород или каждой из групп пород, помещенных в вершинах треугольника, внутри классов. Три поля в углах треугольника (1,2 и 3) характеризуют разрезы с преобладанием пород одного типа, три других поля (4, 5 и 6), расположенные вдоль сторон треугольника, соответствуют разрезам с примерно равным соотношением пород двух типов, поле 7 в центре треугольника характеризует разрез с примерно равными соотношениями всех трех типов или всех трех групп. Значения функции D внутри каждого из классов колеблются от 0 до 100, но эти изменения довольно неравномерны, чтобы служить основой для дальнейших подразделений внутри классов. Только каждое из привершинных полей (1,2 и 3) значением функции $D=50$ делится на два подкласса. Основой для расчета функции D является формула:

$$D = 100 \left\{ 1 - [(\Delta p)_m - (\Delta p)_{vm}] \right\},$$

где p характеризует относительное содержание каждого из типов пород в разрезе, а $\sum_{i=0}^n p_i = 1$, $(\Delta p)_m$ - максимальная из всех положительных разностей

соседних значений p , $(\Delta p)_{vm}$ - следующая по величине разность. Как видно, деление на поля в треугольнике Пельто, а, следовательно, и на картах Пельто предусматривает одну систему изолиний, соответствующих значениям функции D .

Треугольник Крумбейна и Слосса (см. рис.2б) построен на двух независимых переменных - коэффициенте кластичности K и песчано-глинистом коэффициенте

p . Коэффициент кластичности вычисляется по соотношению мощностей терригенных и хемогенных пород в разрезах и меняется от 0 в вершине треугольника, где расположены хемогенные отложения, до ∞ в его основании. Песчано-глинистый коэффициент определяется по соотношению мощностей грубообломочных пород, включая крупнозернистые алевролиты, 100% которых соответствует левый нижний угол треугольника, и алевритово-глинистых пород, 100% которых соответствует правый нижний угол треугольника. Левая боковая сторона треугольника соответствует грубозернистым породам со значением $p = \infty$, правая - характеризуется значением $p = 0$. Высота треугольника имеет значение $p = 1$. Промежуточные значения p нанесены в виде радиальных линий, сходящихся в вершине треугольника. Горизонтальные линии, проведенные между вершиной и основанием треугольника, соответствуют промежуточным значениям коэффициента кластичности от 0 до ∞ .

Системой горизонтальных и радиальных линий треугольник разбит на ряд литологических полей, соответствующих строго определенным комплексам пород. Каждому полю отвечает определенная зона на литолого-фациальной карте. В отличие от карт Пельто для изображения трехкомпонентной системы здесь используются две независимые друг от друга системы изолиний. Значения коэффициентов, ограничивающие поля в треугольнике, зависят от степени литологической изменчивости картируемой толщи и желаемой детальности в выделении фаций на карте. Кроме того, они зависят от пространственного распределения значений коэффициентов в пределах карты. Желательно подобрать разбивку таким образом, чтобы изолинии коэффициентов ограничивали пространства, в которых толща была бы практически однородна по литологическому составу, т.е. почти целиком слагалась породами одного типа, и пространства, в которых один из выбранных компонентов составлял больше 50% или меньше 50%. Практика показала, что изображенный на рис. 26 вариант разбивки треугольника на девять литологических полей значениями коэффициента кластичности, равными 8, 1, 1/4, и песчано-глинистого коэффициента, равными 1/8, 1 и 8, является наиболее целесообразным и удовлетворяющим изложенным требованиям. Однако он не исключает возможности более дробной разбивки.

По способу ВНИГРИ разбивка треугольника на поля производится изолиниями определенных значений процентного содержания различных типов пород (см. рис. 2, в). Каждая из вершин треугольника соответствует 100% содержания помещенного в ней типа пород. По градации, рекомендованной для Атласа литолого-палеогеографических карт СССР, разбивка треугольника производится изолиниями в 10 и 40% содержания для каждого типа пород. Всего, таким образом, в треугольнике тремя системами изолиний, но не независимыми друг от друга, как в треугольнике Крумбейна и Слосса, а взаимно связанными между собой, выделяется 19 литологических полей, довольно разнородных по форме и занимаемой площади. Каждому из полей соответствуют определенные градации процентных содержаний выделенных типов пород. Как и в треугольнике Крумбейна и Слосса, в зависимости от масштаба карты и фациальной изменчивости толщи разбивка треугольника может быть более детальной, изолинии процентов можно проводить с меньшими интервалами между ними, например в 20, 40, 60% и т.д. или в 10, 20, 30, 40% и т.д. Как и в исходной разбивке ВНИГРИ, в зависимости от характера литологических изменений и необходимой детализации в картировании одного из компонентов разбивку можно провести изолиниями с различными интервалами для различных компонентов.

Примеры построения карт

В целях выбора наиболее рациональных путей в способах разбивки треугольников на отдельные литолого-фациальные поля нами были построены литолого-фациальные карты для двух горизонтов терригенной толщи девона - муллинского и пашийского, для каждого из которых испробованы все три варианта разбивки - по Пельто, по Крумбейну и Слоссу и по системе ВНИГРИ. В работе приводятся карты только пашийского горизонта (нижний горизонт франского яруса позднего девона). Они почти целиком охватывают территорию южного (за исключением

западного и юго-западного склонов) и частично (юго-восточный склон) северного куполов Татарского свода. Не касаясь, по изложенным выше причинам, детальной характеристики состава, строения и условий образования терригенной толщи, отметим здесь лишь несколько моментов, существенных при построении карт.

Терригенная толща в целом является базальной трансгрессивной серией — результатом наступления Уральского моря на платформу после длительного континентального перерыва.

Трансгрессия состояла из нескольких фаз. Каждая из них включала более медленный и длительный период опускания и затопления территории и последующий период быстрого поднятия, осушения, а иногда и размыва уже отложившихся осадков.

Прерывистый характер трансгрессии обусловил ритмическое строение терригенной толщи. Каждой волне трансгрессии соответствуют отложения одного ритма, начинающиеся более крупнозернистыми прибрежными, а иногда, особенно в начале трансгрессии, и континентальными отложениями, постепенно сменяющимися более удаленными от берега алевритово-глинистыми, а затем, в периоды полного сокращения сноса с суши и максимума развития трансгрессии, карбонатными накоплениями. Вслед за карбонатными появляются снова глинисто-алевроитовые отложения, свидетельствующие об усилившихся движениях в областях источников сноса и начавшемся отступании моря.

Пашийский горизонт соответствует одному такому довольно крупному ритму, причем континентальные накопления в его строении не принимают участия, и он почти целиком слагается мелководными терригенными отложениями верхней половины шельфа.

833
Для построения карты данные о породах группировались нами по образцу стандартного треугольника: левый нижний угол соответствует отсортированным мелкозернистым кварцевым песчаникам, алеврито-песчаникам и крупнозернистым отсортированным алевролитам, правый нижний угол — аргиллитам и крупно- и мелкозернистым глинистым алевролитам, верхний угол — известнякам. Литогенетические признаки пород для более детального выделения литофаций учитывались уже непосредственно при построении карты. Например, пески прибрежные и островные в треугольнике рассматривались суммарно, а разделение зон проводилось уже на карте, исходя из преобладающих в каждом разрезе литогенетических признаков и данных фациального анализа.

Практически для создания литолого-фациальных карт был построен треугольник по процентному содержанию в разрезах указанных выше типов пород (данные брались из соответствующих карточек фактического материала, имеющихся для каждого обработанного разреза). Треугольники с разбивкой на соответствующие литологические поля по Пельто, Крумбейну и Слоссу и по ВНИГРИ в том же масштабе вычерчивались на восковке. Наложением палеток треугольников с соответствующей разбивкой (по Пельто, по Крумбейну и Слоссу и по методике ВНИГРИ) на треугольник процентного состава, с нанесенными на нем разрезами, определялось положение каждого из разрезов в одном из полей треугольников Пельто, Крумбейна и Слосса и ВНИГРИ, а следовательно, и в определенной литолого-фациальной зоне на карте. Границы зон на каждой из карт, соответствующие определенным значениям изолиний (функции D , коэффициентов кластичности и песчано-глинистого, а также процентного содержания пород), проводились обычным способом линейной интерполяции. Детальное изучение структурных и текстурных особенностей пород каждого разреза, их состава, остатков фауны и флоры, аутигенных минералов и общий фациальный анализ отложений позволили конкретизировать условия образования выделенных типов и соответствующим образом учесть их при характеристике литолого-фациальных зон на картах. Ниже приведем описание литолого-фациальных карт пашийского горизонта, построенных с использованием треугольников Пельто, Крумбейна и ВНИГРИ.

На всех картах пашийского времени северо-западную часть планшета (район Привятских, части Бехтерево-Танайских и Граханских скважин), связанную с северной вершиной Татарского свода, занимает область древней суши. С юго-востока к ней примыкает небольшой ширины зона, где пашийские отложения присутствуют неполностью, будучи частично смытыми в период отступления моря и последующей кыновской волны трансгрессии.



На литолого-фациальной карте пашийского горизонта, построенной по треугольнику Пельто (рис.3), прослеживается некоторая нивелировка в распределении фаций в северной и южной половине площади. Размеры фациальных зон, характер их распространения и конфигурация границ достаточно пестры, но в пределах всей карты хорошо видно отчетливое преобладание по площади литолого-фациальных зон 1-го и 4-го классов, в которых преимущественно развиты песчаные отложения. В прибрежной восточной полосе Татарской суши резкого преобладания зон 1-го и 4-го классов не наблюдается. Здесь появляются отложения зоны 2-го класса, представленные преимущественно глинистыми породами. Вместе с тем отчетливо прослеживается неширокая прибрежная полоса фациальной зоны 1-го класса, отходящая от берега в юго-восточном направлении через Ново-Мусабаевские скважины 11, 12 и образующая обширное поле в районе Тлянчи-Тамакских скважин. Отсюда она одним языком тянется на северо-восток до Мензелино-Актанышских скважин 58, 59, а другим довольно извилистым протягивается на юг, занимая почти весь восточный край южной половины карты от Азнакаевских скважин до Сулинских, проходя через часть Уральских, Бугульминских и Лениногорских скважин.

Юго-восточная прибрежная полоса Татарской суши в основном занята отложениями зоны 2-го класса, что, возможно, является результатом более глубокого смыва существовавших здесь ранее отложений, так как зона располагается в области частичного размыва пашийского горизонта. Южнее зоны размыва снова появляется полоса отложений зоны 1-го класса, протягивающаяся от Ново-Ибрайкинских скважин 104, 27 на восток, к Акташским скважинам 34, 50, а затем разделяющаяся на три извилистых рукава, идущих на север, восток и юг. Северный рукав самый короткий, он, слегка изгибаясь, идет через Акташские (скв. 56, 36) и Поповские (скв. 66, 45) заканчиваясь чуть севернее скв. 45. К востоку зона 1-го класса идет узкой полосой почти широтного простирания и заканчивается довольно большим участком с крайне прихотливыми очертаниями, располагающимися в районе части Абдрахмановских, Восточно-Сулеевских и Алькеевских скважин. Полоса, идущая к югу, самая широкая. Она характеризуется также извилистыми очертаниями, проходит в основном в районе Черемшанских скважин, постепенно расширяясь на юг, а на самом юге поворачивает на восток.

Обширные центральные площади южного купола заняты зоной 4-го класса. Кроме того, она распространена на крайнем юго-востоке в районе части Бугульминских скважин. Участки, занятые отложениями зоны 2-го класса, невелики и преимущественно носят локальный характер.

На карте, построенной по треугольнику Крумбейна и Слосса (рис.4), различия в степени сложности фациальных взаимоотношений в пределах северной и южной частей карты еще больше стираются. Несмотря на то, что на карте представлены отложения, I, II, III и IV литолого-фациальных зон, площади, занятые ими, резко различны и конфигурации зон упрощены. Вся восточная половина и почти вся центральная часть карты к востоку и юго-востоку от Татарской суши, включая всю южную вершину Татарского свода, заняты отложениями II зоны, преимущественно песчаной. Лишь местами в ней рассеяны локальные участки отложений III зоны, небольшие в центральных частях карты, в районе южного купола, и несколько увеличивающиеся по периферии как в сторону Татарской суши, так и по направлению в глубь бассейна.

В пределах южного купола наиболее крупное поле III зоны располагается на западе в районе Акташских, Ново-Елховских и Зай-Каратайских скважин и протягивается с севера на юг, имея довольно сложные изогнутые очертания. К западу широкое поле II-й зоны отделяет его от довольно обширных прибрежных участков III зоны, примыкающих почти вплотную к юго-восточному побережью Татарской суши. Два других более заметных поля III зоны на южном куполе располагаются одно в районе Уральских и Азнакаевских скважин, другое в районе Сармановских и Сулеево-Ташлиярских. Оба имеют примерно широтное направление. В южной части склона, в районе Лениногорских скважин 598, 3541, Бугульминской скв.20 и Сулинских скв. 7 и 17 намечается новое обширное поле III зоны. Такое же широкое поле III зоны открывается и на восток в пределах северо-восточного склона южного купола, в районе Муслумовской скв.67 и Мензелино-Актанышской скв. 47.

В северной половине карты отложения III зоны в основном приближены к береговой полосе Татарской суши. Они образуют довольно обширный участок неправильных очертаний, как бы состоящий из двух почти параллельных широких полос северо-восточного простираения, несколько расходящихся и соединенных друг с другом на юго-западе, в районе Усть-Икских скважин 462, 470, 555, Южно-Бондюжской скв. 466 и Елабужской скв. 14. Одна из полос, расположенная ближе к берегу, имеет менее четкие контуры и протягивается от Танайско-Бехтеревских скважин 510, 459, через Первомайские, Бондюжские, Луговые к Усть-Икским (скв. 473, 551, 75, 552, 79, 557). Другая полоса длиннее и тянется, постепенно сужаясь, от Азеево-Салаушской скв. 20 к Кырыкмасской скв. 7.

Шлейф песчаных отложений вдоль юго-восточного побережья Татарской суши невелик, но отчетливо прослеживается отходящая от берега неширокая полоса отложений I зоны юго-восточного простираения, идущая от Афанасовской скв. 522 и Ново-Мусабаевской скв. 12 к Тлянчи-Тамакским скв. 443, 435, 402, 481, 489, 434. По ней, по-видимому, и поступала значительная часть песчаного материала в пределы южного купола. В прибрежных участках более северных районов побережья более широко были распространены отложения II зоны, протягивавшейся далеко на восток в глубь бассейна, и, по-видимому, также поставлявшей песчаный материал в пределы южного купола Татарского свода.

Карта, составленная по системе ВНИГРИ (рис.5), выглядит несколько сложнее, особенно в южной половине планшета и там, где изображена береговая полоса. Место с наиболее пестрым набором фациальных зон находится у восточного края Татарской суши: довольно узкие, почти параллельные, вытянутые в юго-восточном направлении полосы фациальных зон В₈, В₁₂, В₂, В₁₃ протягиваются от берега в глубь бассейна. Почти вся восточная часть северной половины карты занята контуром зоны В₁₂ и в меньшей степени - зоны В₈. На карте видно, что в пределах южного купола также преобладают отложения зон В₈ и В₁₂, образуя серию взаимно чередующихся полей с довольно сложной конфигурацией границ. Из литологически более однородных зон встречаются лишь небольшие изолированные пятна зоны В₃.

Областям развития зоны III, выделенным на карте по Крумбейну и Слоссу (см. рис.4), на рассматриваемой карте примерно соответствуют небольшие изолированные поля зоны В₁₃, оконтуренные участками зоны В₈. В западной половине площади южного купола такая сложная зона В₈ с вкрапленными в нее локальными пятнами зоны В₁₃, а иногда и зоны В₃, прослеживается с севера на юг от Березовских скважин к Ново-Елховским и Зай-Каратайским. На западе к ней примыкает широкая полоса зоны В₁₂, которая через зону В₈ смыкается с южной прибрежной полосой зоны В₁₃. В площади южного склона купола широкому полю зоны III карты, по Крумбейну и Слоссу, отвечают два изолированных пятна зоны В₁₃ карты по системе ВНИГРИ. Одно пятно находится в районе Лениногорской скв. 3541 и Южно-Ромашкинской скв. 670, другое - в районе Сулинских скв. 7 и 17. Сравнение тех же карт далее показывает, что в районе Уральских скважин пятно зоны В₁₃ (см. рис.5) несколько уменьшено в размерах по сравнению с зоной III (см. рис.4), а в районе Сармановских и Сулеево-Ташлиярских скважин зоне III соответствует сплошное поле зоны В₈. На северо-восточном склоне южного купола, в районе Муслумовских скважин обширное поле зоны В₁₃ (см.рис.5), в какой-то мере отвечает зоне III (см. рис.4).

Как видим, несмотря на различия в конфигурациях литолого-фациальных зон, по всем картам можно сделать сходные выводы о характере распределения пашийских отложений. Общим является сравнительное сходство северной и южной частей карты. Отчетливо проявляется преобладание одной-двух литолого-фациальных зон, что особенно ярко видно на карте по Крумбейну и Слоссу. На всех картах пашийского горизонта видно, что от восточного побережья Татарской суши в юго-восточном направлении прослеживается серия различных довольно вытянутых зон, среди которых имеются почти чисто песчаные зоны, поставлявшие песчаный материал в районы южного купола Татарского свода. Отчетливо прослеживается скопление более крупнозернистого песчаного материала не в береговой зоне, а внутри бассейна, в частности в зоне южного купола. В районе южного побережья Татарской суши появляются зоны с преобладанием алевроитово-глинис-

тых отложений, что связано с частичным смывом в этом районе верхней части пашийского горизонта.

Приведенный разбор дает основание сделать вывод о степени применимости и целесообразности различных разбивок треугольников. В каждом из вариантов карт одного горизонта, несмотря на изменения в количестве, размерах, конфигурации границ отдельных литолого-фациальных зон, общая схема распределения фаций сохраняется. Это позволяет считать каждый из примененных вариантов разбивки принципиально допустимым. Однако выразительность карт, их наглядность, а главное возможности интерпретации заметно различны.

Наименее удачными в этом отношении являются карты, построенные с использованием треугольника Пельто. Каждый из выделенных на треугольнике Пельто классов характеризует лишь соотношение между относительным содержанием главных компонентов разрезов внутри класса, вне зависимости от того, о каком из компонентов идет речь. Карты не несут никакой информации об абсолютном содержании компонентов и о различиях между главными компонентами разрезов, что в значительной мере усложняет их интерпретацию. Изолинии функции D не могут быть последовательно без перерывов протянуты через всю площадь карты. Они в каждом классе свои и замыкаются внутри класса. Разрез с определенным значением функции D внутри одного класса может иметь своим аналогом разрез с таким же значением функции D внутри другого класса. Таким образом, значения функции D не позволяют различать о каком из компонентов разреза идет речь и о каком из классов, а только свидетельствуют об относительной роли одного из главных компонентов в разрезе. По существу интерпретация "карт Пельто" проводится на основе мысленного совмещения треугольника процентного содержания пород с треугольником, разбитым на классы по функции D . Кроме того, как уже указывалось, отсутствие равномерности в изменении значений функции D исключает возможность дальнейших более дробных подразделений внутри классов.

Треугольник ВНИГРИ лишен этого последнего недостатка и может быть разбит с различной степенью детальности. Рекомендованный для Атласа литолого-палеогеографических карт СССР масштаба 1:7 500 000 и использованный нами вариант разбивки на первый взгляд кажется довольно простым, мало детальным. В инструкции сказано, что содержание породы менее 10% состава толщи вообще не показывается. При переслаивании двух типов пород, "если одна порода преобладает (больше 60%), то даются две полосы этой породы и одна полоса другой; если оба типа пород присутствуют в равных пропорциях (от 40 до 60%), то дается по одной полосе для каждого из них. При переслаивании пород трех типов удваивается число полос тех пород, содержание которых больше 40%." (Условные обозначения..., 1962, стр. 9). Однако, будучи сведенными в треугольник, эти казались бы довольно редкие изолинии в 10, 40, 60 и 90% разбивают его на 19 полей (см. рис. 2в), очень разных по величине и форме. Обоснование указанных полей на картах требует очень большого количества фактического материала, если учесть, что только соседние в треугольнике поля могут соседствовать и на карте. Поэтому многие поля на карте, даже при наличии в нашем распоряжении большого количества материала, были проведены на основе интерполяции. Кроме того, в предложенном варианте разбивки выбранные градации интервалов (10, 40, 60, 90%) в известной мере случайны и не несут никакой смысловой нагрузки, что до некоторой степени усложняет и расшифровку построенных в таком варианте карт.

Наиболее выразительными, обоснованными и легко читаемыми, несомненно, являются литолого-фациальные карты по Крумбейну и Слоссу, построенные на основе вычисления двух независимых коэффициентов — коэффициента кластичности и песчано-глинистого коэффициента. Различные значения коэффициентов, окантуривающие поля в треугольнике и на картах, сразу дают полное представление о литологическом строении разрезов в пределах того или иного поля. Использованный нами вариант стандартного треугольника с разбивкой на девять полей изолиниями двух независимых коэффициентов очень удобен для интерпретации и практически может быть применен почти всегда при изучении любых нефтегазоносных отложений в пределах платформенных областей.

Удачно подобранные значения коэффициентов позволяют выделять на картах: 1) поля, сложенные почти целиком породами одного типа; 2) поля из пород двух типов, причем всегда легко можно сказать, который составляет больше 50%; 3) поля, образованные породами трех типов. В последнем случае по значению коэффициентов (больше или меньше единицы) также легко сказать, какая часть разреза приходится на долю каждого из выделенных типов.

Однако, детальность разбивки треугольника и значения коэффициентов, ограничивающие отдельные поля, не обязательно должны быть всюду едиными. Их следует подбирать в зависимости от степени литологической изменчивости картируемой толщи, масштаба карты, а следовательно, и желаемой детальности в выделении фаций. Кроме того, как уже указывалось выше, вершины треугольника могут обозначать совсем другие типы пород или группы сходных типов пород, но при этом схема разбивки треугольника на поля значениями двух независимых коэффициентов сохраняется. Естественно, что при этом меняются названия и сущность коэффициентов, а следовательно и характер выделенных полей, что обуславливается иным строением самой картируемой толщи.

Можно привести такой пример рациональной разбивки треугольника. Допустим, что мы имеем дело с толщей, в которой роль терригенных пород невелика и характер ее строения в основном определяется соотношением карбонатных и сульфатных пород. В этом случае удобно весь комплекс терригенных пород рассматривать совместно и считать, что чисто терригенным разрезам соответствует вершина треугольника. Левый нижний угол будет отвечать разрезам, состоящим целиком из гипсово-ангидритовых пород, а правый нижний - разрезам из известково-доломитовых пород.

Для каждого разреза следует вычислять коэффициент хемогенности как отношение суммарной мощности карбонатных и сульфатных пород к суммарной мощности терригенных пород и сульфатно-карбонатный коэффициент как отношение суммарной мощности сульфатных пород к суммарной мощности карбонатных пород. Изолинии первого будут проходить параллельно основанию, а второго - радиально от вершины треугольника к различным точкам основания. Как и в стандартном треугольнике, девять полей будут ограничены значениями коэффициента хемогенности 8; 1; 1/4 и сульфатно-карбонатного коэффициента 8; 1; 1/8. В вершине треугольника коэффициент хемогенности будет равен 0, в основании ∞ . Бесконечному значению сульфатно-карбонатного коэффициента будет соответствовать левая боковая сторона треугольника, единице - его высота и нулю правая боковая сторона треугольника. В названиях коэффициентов в целях их упорядочения следует исходить из названия пород в числителе, в случае двойного названия (например, сульфатно-карбонатный коэффициент) первым следует ставить название пород числителя.

Примером разбивки чисто карбонатных отложений может служить подразделение датских отложений п-ва Мангшлак. В разрезе датского яруса выделены три типа известняков: 1) пелитоморфные, 2) органогенно-детритусовые (полидетритусовые и мшанковые) и 3) известняки с песчано-алевритовой примесью. Каждому типу соответствует один из углов треугольника: первому - верхний, второму - правый нижний и третьему - левый нижний. Один из коэффициентов, который можно назвать коэффициентом терригенности известняков, определяется для каждого разреза как отношение суммарной мощности известняков с терригенной примесью к суммарной мощности органогенно-детритусовых известняков. Другой можно назвать коэффициентом мелководности известняков. Он вычисляется как отношение суммарной мощности известняков с песчано-алевритовой примесью и органогенно-детритусовых известняков к суммарной мощности пелитоморфных известняков. Общепринятыми для стандартной разбивки значениями указанных коэффициентов треугольник разбит на девять полей, соответственно которым и выделены литолого-фациальные зоны на карте.

В условиях, когда картируемый интервал разреза слагается более чем тремя типами пород, как уже говорилось выше, неизбежно встает вопрос об объединении типов пород в три более крупных комплекса, распространение которых и показывается на карте. Объединение может быть проведено по-разному: по составу, с учетом литологических генетических признаков или без их учета, на основании полного комплекса генетических признаков и т.д. В таких случаях, в зависимос-

ти от состава толщи и конкретных задач, стоящих перед исследователем, всегда может возникнуть необходимость в дальнейшей детализации карт.

Для этого в каждом или в одном из нужных привершинных полей основного треугольника строится дополнительный. Принимается, что вершины последнего соответствуют типам пород, входящим в объединенный комплекс, которому отвечает данная вершина основного треугольника. Вычисление коэффициентов и разбивка на поля дополнительного треугольника должны производиться так же, как и для основного.

Необходимость в детализации привершинного поля чаще возникает тогда, когда оно соответствует большому числу разрезов и охватывает значительные площади карты. На основе построения и выделения полей дополнительного треугольника эти обширные площади на карте разделяются на более детальные литолого-фациальные подзоны. При этом не исключена возможность построения отдельной карты только на основе дополнительного треугольника.

Составление литолого-фациальных карт отдельных участков эпигерцинских платформ, где терригенные толщи характеризуются в основном полимиктовым составом, довольно часто требует построения дополнительных треугольников. Одним из наиболее распространенных может явиться треугольник, отражающий подразделение группы песчаных или гравийно-песчаных пород на подтипы по минералогическому составу, например, на кварцевые, аркозовые и граувакковые песчаники или любые другие (в зависимости от принятой классификации). В частности, интересным может быть выделение типа глауконитовых песчаников, ракушняковых известковых песчаников и др.

Другой способ картирования толщ, разрезы которых содержат более трех компонентов, предложен Е.А. Скобелиным (1965). Способ основан на использовании совмещенных треугольников и кажется нам не всегда применимым, ибо в конечном итоге он сводится к картированию трехкомпонентных разрезов. Автор исходит из предпосылки, что толща в своем составе может содержать больше трех типов пород, но каждый из отдельных разрезов при этом слагается только породами трех типов, т.е. изменение состава толщи происходит за счет исчезновения одного из типов и появления вместо него другого. При этом допустимо незначительное перекрытие исчезающего и появляющегося типов, не превышающее 10%.

Совмещение треугольников производится по стороне, к которой примыкают вершины, общие для обоих треугольников. Естественно, что разбивки всех треугольников должны быть проведены по общей системе. Количество совмещенных треугольников может быть довольно значительным, но по существу карта строится для трехкомпонентной толщи, в которой происходит последовательное замещение одних типов пород другими. В этом случае предложенный способ построения карт нам кажется вполне целесообразным и интересным. Но разбивку треугольников на поля лучше проводить изолиниями двух независимых коэффициентов, чем изолиниями процентного содержания пород, как предлагает автор.

Карты вертикальной изменчивости пород

Методика построения карт

На литолого-фациальных картах общего типа показываются относительные или абсолютные содержания литологических компонентов толщи вне зависимости от положения в разрезе и мощности отдельных пластов. Поэтому в дополнение к ним необходимо строить карты вертикальной изменчивости пород, которые характеризуют положение, распределение и изменение пласта или группы пластов по разрезу. В свою очередь они могут быть разделены на карты двух типов: 1) карты, отображающие общую степень расчлененности разреза на отдельные пласты различного литологического состава и 2) карты, показывающие относительное положение или вертикальное распределение пластов одного литологического типа по разрезу.

Карты первого типа можно строить, исходя из вычислений средней мощности пластов или числа литологических контактов по каждому из разрезов. По этим данным проводятся изолинии средней мощности пластов, или коэффициента рас-

члененности толщи, который для каждого разреза может быть определен как частное от деления числа литологических контактов в разрезе + 1 на общую мощность толщи.

Данные о количестве отдельных пластов любого из выделенных типов пород в разрезе также могут использоваться для изображения вертикальной изменчивости толщи.

При поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений может возникнуть необходимость картирования числа песчаных пластов (основных резервуаров для нефти), решения вопросов о распределении карбонатных коллекторов и о размещении в разрезе непроницаемых глинистых пород или пород, обогащенных органическим веществом. Каждая из перечисленных задач решается путем построения соответствующей карты. Особенно интересными и наиболее ценными в практическом отношении считаем карты числа песчаных пластов, непосредственно показывающие наиболее благоприятные площади для нахождения литологических ловушек, образованных фаціальными изменениями или выклиниванием пластов песчанников.

Построение карты числа пластов достаточно простое. На нее выносятся данные о количестве пластов, определенные для каждой точки наблюдения. Путем обычной линейной интерполяции между точками проводится система изолиний, оконтуривающих области с одинаковым числом пластов. Карты числа пластов следует рассматривать совместно с картами изолит соответствующих пород, что позволит судить о средней мощности картируемых пород в толще. Кроме того, следует отметить, что карты числа пластов более наглядны и легче интерпретируются при небольшом количестве пластов (лучше не более 10).

Отложения древних платформ обычно соответствуют такому условию. Карты числа пластов участков молодых эпигерцинских платформ имеют меньшую наглядность и практическую значимость из-за того, что число пластов пород одного типа здесь может достигать нескольких десятков. Обилие пластов затушевывает общую картину их распределения. Поэтому они объединяются в группы, и на карте выделяются зоны, связанные не с пластами, а с целыми группами пластов. Это значительно усложняет интерпретацию и выделение конкретных ловушек.

Карты, предназначенные для показа относительного положения или вертикального распределения пластов одного литологического типа в разрезе могут быть тоже разными. Наиболее простым и удобным вариантом карт подобного типа являются сравнительные карты. Это может быть карта сравнительной песчанистости, сравнительной глинистости, карбонатности и т.д., в зависимости от того, распределение какого из типов пород, присутствующих в разрезе, является наиболее важным и интересным.

Для построения такой карты разрез исследуемой толщи по определенному реперному пласту или хорошо выдержанной поверхности делится на две части. В каждой из них определяется число пластов интересующего типа пород, например, песчанников, и вычисляется отношение числа пластов песчанников верхней части толщи к числу пластов песчанников нижней части толщи. Полученные значения отношений выносятся на карту рядом с обозначениями скважин, после чего проводятся изолинии, показывающие относительное содержание пластов песчанников в верхней и нижней части толщи.

Информативность такой карты будет значительно выше, если помимо числа пластов, провести сравнение и по суммарной мощности выбранных типов пород в верхней и нижней частях разреза. С этой целью вычисляются для каждого разреза суммарная мощность песчаных пластов в верхней части разреза и суммарная мощность песчаных пластов в нижней части разреза. По полученным данным в изолиниях строится карта отношений суммарных мощностей песчанников верхней и нижней частей толщи. Таким образом, карта сравнительной песчанистости толщи будет выглядеть как совмещенная карта, содержащая две системы изолиний, одна из которых отражает отношение числа пластов, другая — суммарных мощностей песчанников верхней и нижней частей толщи. Конечно, в условиях большой фаціальной изменчивости толщи при значительной вариации числа пластов и их мощностей, а следовательно, и при сложной конфигурации изолиний карты могут быть построены и раздельно.

Представление о характере пространственного положения пород определенного типа можно получить не только путем сравнения двух частей толщи — верхней и нижней. При необходимости и наличии соответствующих реперных пластов или хорошо прослеживаемых по всем разрезам поверхностей, это можно сделать и разбив толщу на три части: верхнюю, среднюю и нижнюю (Forgotson, 1960). Подсчитав в каждой из частей разреза число пластов определенного типа пород, для характеристики их распределения можно использовать все тот же литологический треугольник. Каждая из его вершин соответствует определенной третьей части разреза, а сам он разбивается на поля двумя независимыми коэффициентами. Карта распределения пластов в разных частях толщи будет построена на основании треугольника, и границы зон на ней будут определяться изолиниями соответствующих коэффициентов.

Таким образом, число пластов (одинакового состава) в толще, отношения чисел пластов разных частей толщи, отношения суммарных мощностей пластов этих частей, а также числа средних мощностей пластов могут быть использованы для построения карт вертикальной изменчивости толщи.

Другой, несколько отличный способ построения карт вертикальной изменчивости связан с изображением положения и мощности отдельных пластов или зон в разрезе. Он основан на использовании теории моментов и предложен Крумбейном и Либби (Krumbein, Libby, 1957).

Понятия о случайных величинах, наблюдениях над ними, обработке данных, законах распределения детально разбираются в курсах статистики и не требуют изложения (Митропольский, 1961). Поэтому, избегая лишних определений и выводов формул, остановимся лишь на геологическом смысле предложенных статистических коэффициентов.

Для построения карт вертикальной изменчивости Крумбейном и Либби использованы два момента. Понятие о моментах, введенное в статистику для исследования распределения случайных величин, заимствовано из механики.

Статистический ряд распределения или система наблюдаемых значений случайной величины вместе с соответствующими частотами имеет полную аналогию с системой сил, приложенных к твердому телу. Частоту можно рассматривать как силу, а наблюдаемое значение как точку, в которой она приложена. Приняв одно из наблюдаемых значений за начальное, можно составить момент разрядных частот относительно этого начального значения как момент системы сил относительно данной точки.

Общая формула начальных моментов имеет следующий вид:

$$m_h = \frac{\sum_{i=1}^k x_i^h \cdot n_i}{n} \quad (1)$$

где x_i — наблюдаемое значение случайной величины, отсчитанное от точки, принятой за начальную.

n_i — частота встречаемости данного значения;

n — объем ряда распределения, равный сумме всех частот ряда, т.е.

$$n = \sum_{i=1}^k n_i \quad (2)$$

h — целые числа от нуля и выше, т.е. $h = 0, 1, 2, \dots$, обозначающие порядок момента (нулевой момент, первый, второй и т.д.).

Для построения карт вертикальной изменчивости использованы первый и второй моменты.

Формула первого момента, характеризующего арифметическое среднее, относительно которого распределяются все наблюдаемые значения случайной величины, приобретает следующий вид:

$$m_1 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} .$$

(3)

В нашем случае первый момент использован для построения карт среднего положения или центров тяжести песчаных пластов в разрезе. Он выражает среднее положение выбранных пластов или зон в пределах горизонта (яруса, свиты, толщи и т.д.) как расстояние в метрах от кровли горизонта, или относительно, как процент от общей мощности горизонта. При подсчете m_1 мощность песчаных пластов в каждом разрезе была принята за частоту встречаемости, а расстояния от кровли горизонта до середины пластов — за наблюдаемые значения случайных величин.

Предполагается, что каждый из пластов представляет собой массу одинаковой плотности, но разной длины, равной $n_1, n_2, n_3, \dots, n_i$. Суммарная длина масс равна $\sum n_i$. Расстояния между пластами имеют нулевую плотность. Средины масс лежат на расстояниях $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ от кровли горизонта, и x_i соответствует n_i .

Практически для построения карт центров тяжести или среднего положения пластов в каждом изученном разрезе проводилось вычисление m_1 для выбранного типа пород, которым в нашем случае всюду являлись песчаники, и для соответствующего стратиграфического интервала, подлежащего картированию. В картотеке разрезов для каждого картируемого интервала составлялась таблица вычисления моментов. Моменты вычислялись способом произведений. В таблицу по горизонтали вносились все данные по пластам. По вертикали последовательно располагались сверху вниз пласты исследуемых пород, для каждого из которых заполнялись все горизонтальные графы. Необходимые данные суммировались по вертикали для непосредственного подставления в формулу.

Подставляя полученные значения в формулу момента m_1 , для каждого разреза определялась точка, которая характеризовала значение взвешенного арифметического среднего положения песчаных пластов в разрезе с учетом их различной мощности и разных расстояний от кровли свиты. Положение точки определялось ее расстоянием от кровли свиты, выраженным в метрах. Полученные таким образом для каждого разреза значения среднего положения или положения центров тяжести песчаных пластов в метрах надписывались на карте у местонахождения соответствующего разреза. Карта строилась в изолиниях, которые проводились обычным способом линейной интерполяции между точками через выбранное число метров в зависимости от фактических данных.

Полученная карта отображает строение поверхности, фиксирующей среднее положение песчаных пластов в пределах всей толщи. В некоторых случаях бывает удобнее давать значения положения центров тяжести, а следовательно и изолинии, не в метрах, а в процентах по отношению к общей мощности картируемой толщи. В этом случае карта дается в изолиниях процентов через определенные выбранные промежутки и показывает, какую часть толщи в процентах составляет расстояние от кровли толщи до средней поверхности песчаников в любом разрезе. В том и другом варианте полезным является дополнительное построение карты изопакит песчаников.

Но одна карта центров тяжести или среднего положения пластов не дает полного представления о вертикальном размещении пластов, так как она не содержит информации о степени их дисперсии в ту и другую сторону от средней поверхности. Например, для разреза с одним пластом, расположенным в середине разреза, положение центра тяжести будет точно таким же, как для разреза с двумя пластами одинаковой мощности, симметрично расположенными вверх и вниз от середины. Поэтому одновременно с построением карты центров тяжести или среднего положения пластов необходимо строить карты дисперсии или стандартного отклонения пластов от среднего положения, характеризующие размещение пластов по всему разрезе. Для построения таких карт были использованы второй цент-

ральный момент (μ_2), который носит название дисперсии ряда и обозначается ξ^2 , и стандартное отклонение σ .

Центральные моменты определяются по такой же формуле, что и начальные моменты, с той лишь разницей, что начало отсчета наблюдаемых значений x_i перемещается в точку среднего значения ряда распределения. Ввиду сложности непосредственного вычисления центральных моментов, их значения находят с помощью начальных моментов, исходя из определенных соотношений между ними. В частности второй центральный момент равен:

$$\mu_2 = m_2 - m_1^2 \quad (4)$$

Подставляя в равенство (4) значения m_2 и m_1 , исходя из формулы (1) и (3) получим

$$\begin{aligned} \mu_2 &= \frac{\sum_{i=1}^k x_i^2 n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} - \frac{(\sum_{i=1}^k x_i n_i)^2}{(\sum_{i=1}^k n_i)^2} = \\ &= \frac{\sum_{i=1}^k x_i^2 n_i - \frac{(\sum_{i=1}^k x_i n_i)^2}{\sum_{i=1}^k n_i}}{\sum_{i=1}^k n_i} = \sigma^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Стандартное отклонение, которое служит мерой рассеяния пластов в обе стороны от среднего положения, определяется как корень квадратный из полученного уравнения (5)

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k x_i^2 n_i - \frac{(\sum_{i=1}^k x_i n_i)^2}{\sum_{i=1}^k n_i}}{\sum_{i=1}^k n_i}} \quad (6)$$

В геологическом смысле отклонение представляет собой интервал мощности разреза, который будучи добавленным или вычтенным из точки среднего положения пластов, дает такой отрезок мощности разреза, в пределах которого располагается доминирующая масса пластов картируемых пород. Этот отрезок мощности, как и на картах центров тяжести, может быть выражен в метрах или в процентах относительно общей мощности картируемого горизонта.

Практически для построения карты дисперсии пластов или карты стандартного отклонения в каждом изученном разрезе необходимо вычислить значение стандартного отклонения по уравнению (6). Все данные, необходимые для решения указанного уравнения, уже были получены и содержатся в таблицах, которые составлялись для построения карт центров тяжести соответствующего стратиграфического интервала.

Совместное рассмотрение карт центров тяжести пластов, их дисперсии и суммарных изопахит изучаемых пород дает полное представление о том, как рассеяны и в каких частях разреза сконцентрированы интересующие нас пласты на разных участках картируемой площади. Это может иметь не только теоретическое, но и большое практическое значение, особенно когда нефтеносные горизонты велики по мощности.

В пределах древних платформ нефтеносные толщи в общем характеризуются небольшими мощностями, не превышающими 200 м. Несколько лишних десятков метров, пробуренных здесь скважиной, не очень существенно скажутся на ее промышленных показателях.

Иначе будет обстоять дело при бурении на эпигерцинских платформах. Здесь мощности нефтеносных толщ очень значительны и достигают не только многих сотен, но и тысячи и более метров. Поэтому совсем не безразлично, в какой части этого мощного разреза располагаются подлежащие вскрытию песчаные пласты и стоит ли бурить лишние уже не десятки, а сотни метров в той или иной скважине или нет. Предложенные карты с достаточной уверенностью помогут решить эти важные практические вопросы.

В целом ряде случаев, особенно при картировании значительных площадей, при больших мощностях и меняющемся характере разреза для облегчения интерпретации целесообразно строить одну совмещенную карту вертикального размещения пластов в разрезе. На такой совмещенной карте изолинии среднего положения пластов и дисперсии пластов, выраженные в процентах от общей мощности картируемой толщи, замены полями, как на литолого-фациальных картах общего типа. Границами полей служат две системы независимых изолиний. Количество выделяемых полей не унифицируется, оно зависит от вертикальной изменчивости разреза, масштаба карты и целей исследования.

При построении карт вертикального размещения песчаных пластов в отдельных горизонтах терригенной толщи девона была принята разбивка на девять полей. На карте центров тяжести или среднего положения пластов изолинии были сгруппированы в три класса, представляющие площади, в которых центр тяжести пластов располагался в верхней, средней и нижней трети разрезов. Границами соответствующих классов были изолинии 0; 33,3; 66,6 и 100%, которые и переносились на совмещенную карту. На карте дисперсии пластов изолинии отклонений также были сгруппированы в три класса, представлявшие площади, в которых рассеяние пластов составляло от 0 до 20% разреза, от 20 до 40% и от 40 до 60% и более... Соответственно, на карту вертикального размещения переносились изолинии отклонений в 0, 20, 40, 60%.

Таким образом, на карте вертикального размещения в результате различных пересечений двух систем изолиний с указанными выше значениями может быть выделено до девяти полей, характеризующихся различным средним положением пластов и различным их распределением в разрезе (см. рис.14).

Первое поле характеризуется высоким средним положением пластов в верхней трети разреза и малой дисперсией - от 0-20%.

Второе поле характеризуется расположением центров тяжести пластов в средней трети разреза и малой дисперсией пластов - от 0 до 20%.

Третье поле характеризуется низким средним положением пластов в нижней трети разреза и малой дисперсией пластов - от 0 до 20%.

Четвертое поле характеризуется высоким средним положением пластов в верхней трети разреза и умеренной дисперсией пластов от 20-40%.

Пятое поле характеризуется расположением центров тяжести пластов в средней трети разреза и умеренной дисперсией пластов от 20-40%.

Шестое поле характеризуется низким средним положением пластов в нижней трети разреза и умеренной дисперсией пластов - от 20-40%.

Седьмое поле характеризуется высоким средним положением пластов в верхней трети разреза и большой дисперсией пластов - от 40 до 60% и более.

Восьмое поле характеризуется расположением центров тяжести пластов в средней трети разреза и большой дисперсией пластов - от 40 до 60% и более.

Девятое поле характеризуется низким средним положением пластов в нижней трети разреза и большой дисперсией пластов - от 40 до 60% и более.

Рассмотрим карты числа пластов песчаников и изолиит песчаников пашийского горизонта терригенной толщи девона той же площади, для которой строились литолого-фациальные карты общего типа.

На карте числа песчаных пластов (рис. 6) видно, что пашийский горизонт отличается большой расчлененностью разрезов и сравнительно пестрой и сложной конфигурацией зон. В местах, где обозначены восточное и юго-восточное побережья Северо-Татарской суши, показано фактическое распространение пластов, без восстановления размытой поверхности верхней части пашийского горизонта. Поэтому небольшая зона отсутствия песчаных пластов в южной части побережья скорее связана не с фациальным изменением свиты, а с последующим ее предкыновским размывом. Внутри бассейна участки без песчаных пластов практически отсутствуют. По нашим материалам отмечено лишь небольшое "лысое" поле в районе Ново-Елховской скв. 50. Максимальное число пластов в горизонте достигает девяти. Характерно, что в северной половине площади, связанной со склонами северного купола, оно колеблется от одного до пяти, лишь в одном случае достигая шести, на небольшом участке у Луговой скв. 485.

В пределах южного купола, главным образом на его склонах, имеются участки, для разрезов которых характерно наличие одного-двух песчаных пластов. На юго-востоке они располагаются в районе Сулинских скважин 7, 17, 83, 104, 112, 12, 67, 29, отчасти Бугульминских скважин 20, 40, 38 и Лениногорской скв. 55. На востоке узкий, почти широтный участок с разрезами, содержащими по два пласта, тянется от Азнакаевской скв. 5026 к Уральской скв. 8708. На северо-восточном склоне более крупный овальный участок с одним-двумя пластовыми разрезами располагается в районе Муслумовских скважин 42, 43, 64, 67 и Мензелино-Актанышской скв. 32. Наконец, на западе участки, в которых разрезы содержат один-два пласта песчаников, заливообразно окаймляют зону полного отсутствия песчаников у южного побережья Татарской суши. Кроме того, участок, несколько вытянутый в меридиональном направлении, с одним-двумя песчаными пластами в разрезах располагается вокруг Ново-Елховской скв. 50, оконтуривая зону полного отсутствия песчаников.

Вся центральная часть южного купола расчленена на множество не очень крупных зон самой разной формы, среди которых преобладают по площади зоны с тремя-шестью пластами. При этом, в простираниях зон можно уловить некоторую закономерность: зоны увеличенного числа пластов образуют две, хотя и не очень отчетливые полосы, простирающиеся с юго-запада на северо-восток, одна из которых тянется от Зай-Каратайских скв. 9 и 5030, через Лениногорские скв. 402, 598, 539, 554 к Зеленогорской скв. 960 и Абдрахмановской скв. 3370, несколько расширяясь и отклоняясь на север. Другая полоса почти параллельно первой идет севернее от Миннибаевских скв. 115, 57, 680, 192 к Альметьевским скв. 676, 41, 531, 533, Алькеевской скв. 579, Чишминской скв. 97/18 и заканчивается на северо-востоке обширным участком в пределах ряда Чишминских, Азнакаевских и Сулеево-Ташлиярских скважин, в разрезах которых наблюдается по пять-семь песчаных пластов. Обе зоны разделены участками, в которых разрезы характеризуются двумя-тремя песчаными пластами.

Еще одна зона того же простирания с юго-запада на северо-восток протягивается в пределах юго-восточного склона северного купола, соответствуя направлению расположенных в его пределах современных структурных валов Елабужского, Первомайско-Бондюжского, Усть-Икского, Азеве-Салаушского. Зона тянется от Усть-Икской скв. 470 через целую серию Бондюжских, Первомайских, Луговых, Усть-Икских скважин и заканчивается в пределах Кучуковской площади. Число пластов в ней колеблется в основном от трех до пяти.

Менее отчетливо прослеживаются зоны перпендикулярных простираний. Одна из таких зон с тремя-пятью пластами почти под прямым углом отходит на юго-восток от Усть-Икско-Кучуковской зоны, располагаясь в основном в пределах Мензелино-Актанышской площади. Другая зона с четырьмя-шестью пластами, располагаясь на юго-востоке в пределах Бугульминских скважин, также почти под прямым углом подходит к северо-восточному концу Зай-Каратайско-Лениногорской зоны. Кроме того, следует отметить появление зоны меридиональных простираний в пределах

Ново-Елховских и Черемшанских скважин. Особенно заметны они на карте изопакит (рис.7). Эти простирания отчетливо разделяют небольшую зону повышенных мощностей с тремя-пятью пластами от 1-2-пластовой зоны, оконтуривающей Ново-Елховскую скв. 50.

Совместное рассмотрение карт изопакит и числа песчаных пластов позволяет заключить, что зоны повышенных мощностей песчаников пашийского горизонта определено приурочены к областям его наибольшего расчленения. Области максимальных изопакит и наибольшего числа песчаных пластов расположены в литолого-фациальной зоне II (см. рис. 4), а иногда в зоне III. Только в единственном случае на склоне северного купола мы имеем литолого-фациальную зону I, идущую в виде рукава от участка прибрежной полосы Татарской суши, от Елабужской скв. 8 и Граханской скв. 18 - на юго-восток, в район Тлянчи-Тамакских скважин.

Характерной особенностью этой зоны, если исключить ее прибрежную часть в пределах области размыта верхов пашийского горизонта, является приуроченность повышенных значений изопакит (15-20 м) к однопластовым разрезам. Этот достаточно интересный факт позволяет установить один из путей довольно устойчивого поступления обломочного материала в пашийское время с Татарской суши в окружающий ее бассейн.

Общие мощности песчаников пашийского горизонта несколько различны в северной и южной частях карты. На склонах северного купола мощности колеблются от 0 до 30 м, но максимальная изопакита в 25 м встречается очень редко и ограничивает лишь небольшие участки. В пределах южного купола суммарные мощности песчаников колеблются от 0 до 44 м и области, оконтурированные изопакитой в 25 м распространены здесь значительно шире. Кроме того, довольно часто встречаются изопакиты в 30 и 35 м. Наблюдается общее увеличение мощностей на юг, в сторону Мелекесской депрессии. Общая картина распределения изопакит, как и числа пластов, в южной части карты значительно сложнее, чем в северной.

Еще один интересный пример карты числа пластов и суммарных мощностей пластов приведем для Пунгинского месторождения газа, расположенного в пределах эпигерцинской платформы. Пунгинская площадь находится в северо-западной преимущественно газоносной провинции Западно-Сибирской низменности. Она расположена на Шухтунгорском валу, который выделяется в восточной части Северо-Сосьвинского свода (мегавала) и имеет северо-восточное простирание. Северо-Сосьвинский мегавал протягивается вдоль восточного склона Урала, отделяясь от него узким Ляпинским мегапрогибом.

Пунгинская площадь представляет собой небольшую куполообразную структуру, в центральной части которой под нижнемеловыми отложениями вскрыт древний гранитный фундамент. Газоносными на структуре являются мелководные морские терригенные отложения верхней юры, непосредственно покрывающие фундамент. В соответствии с решением Межведомственного стратиграфического комитета, здесь в состав верхнеюрских отложений включены абалакская и нижняя часть тутлеймской свиты. Абалакская свита делится в свою очередь на две части: нижнюю - вогулкинскую, содержащую основные газоносные пласты песчаников, и верхнюю. В нижней - вогулкинской - толще выделяется три пачки, в каждой из которых содержатся отдельные пласты песчаников. Пласты песчаников более выдержаны в нижней и верхней пачках. При этом в нижней пачке они преимущественно кварцевые, в верхней - известковистые ракушняковые. В средней пачке песчаники менее выдержаны и часто замещаются глинисто-алевроитовыми породами. Местами в удаленных от свода частях структуры на фундаменте залегают более древние среднеюрские континентальные отложения тюменской свиты.

Карта числа пластов песчаников (рис. 8) построена для отложений верхней юры. Для построения использованы каротажные диаграммы по 27 скважинам. Рассмотрение карты показывает, что в центральной части структуры выделяется участок неправильной формы, как бы состоящий из двух вытянутых с юго-запада на северо-восток полос, соединенных на северо-востоке нешироким перешейком. При этом западная полоса несколько длиннее восточной. В пределах этого участка верхнеюрские отложения вообще отсутствуют. Число пластов песчаников увеличивается по мере удаления от зоны отсутствия верхнеюрских отложений от одного до трех, на юго-западе появляются зоны с четырьмя-пятью пластами песчаников.

Контуры зон с равным числом песчаных пластов в общих чертах повторяют контуры зоны отсутствия юрских отложений.

Совместное рассмотрение карты числа пластов (см. рис. 8) и карты изопакит песчаников (рис. 9) позволяет сделать довольно определенный вывод о том, что зона максимальных изопакит, расположенная вблизи области отсутствия верхнеюрских отложений, в общих чертах совпадает с участками, где вскрытые разрезы характеризуются наличием одного мощного пласта песчаников. Для рассмотренных выше пашийских отложений такое совпадение не было характерным и имело место лишь в единственном случае в районе Тлянци-Тамакских скважин, где аналогичный участок располагался в литолого-фациальной зоне I, выделенной на карте общего типа по Крумбейну и Слоссу. Для Пунгинской площади эта однопластовая область с максимальными мощностями песчаников в основном также соответствует литолого-фациальной зоне I карты Крумбейна и Слосса. Изопакиты в общем плане повторяют контуры приподнятой части структуры, на которой юрские отложения отсутствуют.

Имеется три изолированных участка с замкнутыми асимметрично расположенными изолиниями. Один из таких участков приурочен к северо-западной части структуры, другой - к северо-северо-восточной и третий - к юго-западной. Максимальные мощности песчаников на этих участках колеблются от 57 до 61 м в первом (скв. 235, 244), от 51 (скв. 247) до 66 м (скв. 239) во втором, и от 40 (скв. 249) до 70 м (скв. 509) в третьем. При этом, как уже сказано, от области максимальных изопакит, располагающихся обычно недалеко от зоны отсутствия юрских отложений, падение мощностей к границам "лысого" участка идет довольно быстро и изопакиты здесь крайне сгущены. Это имеет место и на северо-западе - в районе скв. 235, 510, 244, и на северо-востоке - в районе скв. 239, 247, и на юго-западе - у скв. 509, 234, 517, 519. По мере удаления от области максимальных изопакит и от зоны отсутствия юрских отложений падение мощностей становится более плавным, и изопакиты растягиваются на значительные расстояния друг от друга. Минимальные суммарные мощности песчаников в периферийных участках равны 12 - 13 м (скв. 237, 242, 211).

Теперь рассмотрим несколько карт, характеризующих вертикальное распределение по разрезу пород одного типа. Для примера возьмем карту сравнительной песчаности бат-байосских отложений средней юры на месторождении Жетыбай (рис. 10). Месторождение Жетыбай, относящееся к эпигерцинской платформе, расположено в пределах Узень-Жетыбайской ступени на северном борту Южно-Мангышлакского прогиба, о чем упоминалось выше. Нефтеносными здесь являются терригенные отложения средней юры, представленные ритмично повторяющимися пластами песчано-алевритовых пород-коллекторов и тонкослоистых алевритово-глинистых пород. Для построения карты использованы каротажные данные по 27 скважинам. На основании принятой на промысле стратиграфической схемы были выделены батские и байосские отложения, по которым подсчитывалось число песчаных пластов и суммарные мощности песчаников каждого яруса.

Карта сравнительной песчаности бат-байосских отложений образована двумя системами изолиний, одна из которых соответствует отношению числа песчаных пластов бата к числу песчаных пластов байосса, другая - отношению суммарных мощностей песчаников в батских отложениях к суммарным мощностям песчаников в байосских (см. рис. 10).

Отношение числа пластов (назовем его K_1) как правило, меньше единицы, т.е. песчаных пластов в бате почти всегда меньше, чем в байоссе. Лишь в единственном случае на южном крыле структуры вокруг скв. 9, в разрезе которой коэффициент $K_1 = 1,1$, небольшая овальная площадь замкнута изолинией 1,0, указывающей на равное число пластов в обоих ярусах. Значения K_1 колеблются от 0,4 до 1,1. При этом отчетливо наблюдается приуроченность больших значений K_1 (от 0,7 и выше) к осевой и северной частям структуры. Минимальные значения K_1 встречаются на участке, который соответствует южному крылу складки.

Изолинии в общем плане вытянуты вдоль длинной оси на востоке структуры, но образуют при этом систему волнистых линий, пологих на северном крыле и более круто изогнутых, фестончатых на юге, где во внутренних фестонах, обра-

шенных к своду, появляются замкнутые изолинии с более высокими значениями K_1 . Это имеет место вокруг скв. 9 ($K_1 = 1,1$), скв. 20 ($K_1 = 0,9$), скв. 54 ($K_1 = 0,9$). Наоборот, во внешних фесто́нах, обращенных в сторону падения слоев, изолинии раскрываются и значения K_1 уменьшаются (скв. 34 — $K_1 = 0,4$; скв. 71 — $K_1 = 0,6$). В западной части структуры изолинии K_1 как бы секут ось складки под углом и значения их увеличиваются с востока от скв. 28 ($K_1 = 0,66$) и скв. 65 ($K_1 = 0,66$) на запад в сторону скв. 18 ($K_1 = 0,9$).

Если провести сравнение не чисел песчаных пластов бата и байосса, а их суммарных мощностей, то картина в общем будет аналогичная. В большинстве случаев суммарная мощность батских песчаников меньше суммарной мощности байосских песчаников, а отношение их (обозначим его K_2) колеблется от 0,68 до 1,06. Как и в случае сравнения числа пластов, в восточной части площади наибольшие значения K_2 располагаются в осевой части структуры или чуть сдвинуты на ее южное крыло. При этом имеется несколько замкнутых изолированных участков различной формы, изолинии которых местами секут длинную ось структуры. Такие изолированные участки располагаются около скв. 67 и 15 ($K_2 = 1,06$ и $0,95$), скв. 50 ($K_2 = 0,94$) и скв. 9 ($K_2 = 0,91$). В западной части складки, как и в первом случае, изолинии K_2 секут и изолинии K_1 , и длинную ось складки под острым углом, причем их значения увеличиваются с востока от скв. 28 ($K_2 = 0,72$) на запад к скв. 14 ($K_2 = 1,09$) и скв. 18 ($K_2 = 0,99$).

Рассмотрим серию карт вертикальной изменчивости, построенных по методу моментов.

Для пашийского горизонта было построено четыре карты. Положение средней поверхности или поверхности центров тяжести песчаных пластов было дано в изолиниях расстояний этой поверхности от кровли горизонта в метрах и в процентах, которые эти расстояния составляют относительно общей мощности горизонта. Кроме того, были построены карта дисперсии песчаных пластов и суммарная карта, характеризующая вертикальное размещение пластов песчаников в пашийском горизонте.

Карта средней поверхности или поверхности центров тяжести песчаных пластов (рис.11) по существу отображает изменение мощностей разрезов, заключенных между средней поверхностью распределения песчаных пластов и кровлей пашийского горизонта. Карта довольно проста и не содержит существенных различий в частоте и конфигурации изолиний на разных ее участках. Однако, несмотря на внешнее сходство в распределении изолиний, северная и южная части карты имеют существенные различия в положении средней поверхности. В северной части карты она располагается явно в верхней части пашийского горизонта, поскольку наиболее распространены здесь изолинии 5, 10, редко 15 м, которые тянутся вдоль береговой зоны и образуют разной величины и формы замкнутые участки чаще северо-восточного простирания. Правда, иногда простирания бывают широтные или северо-западные. По мере движения на юг положение средней поверхности становится глубже, увеличивается ее расстояние от кровли горизонта. В южной части карты, начиная с Березовских, Чишминских и Азнакаевских скважин появляется изолиния 20 м, которая во всей южной половине изученной площади имеет широкое распространение, образуя обширные замкнутые участки различной формы и направления. Внутри этих участков довольно часто появляются изолинии 25 и 30 м.

Высокое положение средней поверхности для южного купола не характерно: небольшая замкнутая изолиния 10 м в пределах купола встречена лишь около Южно-Ромашкинской скв. 14. Кроме того, она же появляется на северо-западном и юго-восточном склонах купола.

Карта средней поверхности или поверхности центров тяжести песчаных пластов хорошо дополняется картой относительного положения центров тяжести (см. рис.11), на которой расстояние средней поверхности от кровли горизонта выражено в процентах от общей мощности горизонта. Внешнее сходство северной и южной частей сохраняется и на этой карте. Правда, появляется обширная зона в районе Глянчи-Тамакских скважин, о контуренная изолинией 50%, внутри которой нет никаких иных изолиний и которая как бы зрительно делит карту на северную и южную части. Но по существу это деление происходит несколько южнее в районе Муслюмовских, Сулеево-Ташлиярских, Сармановских, части Глянчи-

Тамакских и Ново-Мусабаевских скважин. Вдоль них почти широтно, чуть выгибаясь к югу тянется серия замкнутых изолиний, указывающих на более высокое положение поверхности центров тяжести и имеющих значения от 40 до 10%.

На карте видно, что вся часть площади, связанная с северным куполом, за исключением изолинии 50% района Тлячи-Тамакских скважин, характеризуется более высоким положением средней поверхности и значением изолиний меньше 50%. Понижение средней поверхности наблюдается лишь в узкой береговой зоне, где появляются изолинии в 60, 70 и 80%. Вся область южного купола, южнее разграничивающей зоны с повышенным положением средней поверхности, характеризуется новым понижением поверхности центров тяжести. Сразу южнее Сулево-Ташлярских и Чиминских скважин проходит изолиния в 50%, с перерывами окаймляющая весь южный купол. В пределах самого купола выделяются многочисленные изолированные замкнутые участки, преимущественно северо-западного или широтного простирания, ооконтуренные изолинией в 60% и часто, особенно на юге, имеющие внутри изолинии в 70 и 80%. Кроме того, изолиния 60%, вероятно, ооконтуривает Ново-Мусабаевскую скв. 28 и Поповскую скв. 44, расположенные в зоне частичного размыва пашийского горизонта. Все это свидетельствует о том, что основная масса песчаного материала поступала в пределы южного купола в начале пашийского времени и, по-видимому, ближайшим путем, со стороны Татарской суши, с ее юго-восточного края.

На карте дисперсии песчаных пластов пашийского горизонта (рис. 12) отчетливо наблюдается разница в строении северной и южной частей площади. В береговой полосе Татарской суши, где верхняя часть пашийского горизонта размыва, изолинии дисперсии протягиваются вдоль берега и вдоль зоны отсутствия песчаников в виде серии параллельных волнисто-изогнутых линий, у которых значения дисперсии увеличиваются от 10 до 50% от берега в сторону бассейна.

Южная часть карты по характеру распределения изолиний выглядит сравнительно простой. По-существу в пределах южного купола в основном распространены изолинии 40, 50 и 60%, характеризующие высокую степень дисперсии песчаных пластов. При этом изолинии не обнаруживают строгой закономерности в очертаниях, они образуют изолированные замкнутые кривые, разные по форме и ограничивающие разные площади. Возможно, в общем направлении линий несколько преобладают северо-западные простирания. На юго-восточном и западном склонах южного купола присутствуют небольшие участки с малой дисперсией пластов, падающей до 0 (один песчаный пласт в разрезе). На юго-востоке, в районе Сулинских скв. 7 и 83 такой участок образует две изолированных системы изолиний с малой дисперсией, разделенные небольшим участком в районе скв. 17 и 105, где дисперсия увеличивается до 33 и 55%. Второй участок с малой дисперсией расположен в районе Ново-Елховских скважин и ооконтуривает область отсутствия песчаников, от которой постепенно число пластов и дисперсия возрастают, последняя от 10 до 50%. В направлениях изолиний здесь отмечаются меридиональные простирания, к югу переходящие в северо-западные.

Распределение изолиний в северной части площади, связанной с восточным и юго-восточным склонами северного купола и с северным и северо-восточным склонами южного купола, выглядит значительно сложнее. Изолинии образуют как бы систему обширных полей, не имеющих четкой линейной формы, но в общем плане протягивающихся с юго-востока на северо-запад. Каждое из таких полей представляет собой цепочку замкнутых серий изолиний, следующих друг за другом, иногда подходящих одна к другой кулисообразно. При этом каждая замкнутая серия в цепочке построена одинаково. В пределах одной полосы в каждой цепочке идет увеличение дисперсии от 0 в центре замкнутой серии до 40-50 на ее периферии. В то же время в соседней полосе в каждой цепочке идет уменьшение дисперсии от 70-80% в центре замкнутой серии до 50% на ее периферии. Таким образом, мы по существу имеем чередование полос с высокой и низкой дисперсией пластов. При этом, как правило, все связующие участки между замкнутыми сериями в полосах высоких и низких дисперсий характеризуются средними дисперсиями порядка 40-60%.

Карту вертикального размещения песчаных пластов в пашийском горизонте (рис. 13) легко представить себе после разбора трех предыдущих карт. При этом следует заметить, что во внешних контурах зон, пожалуй, больше всего сказыв-

вается "влияние" карты дисперсии пластов (см. рис.12), особенно в северной ее части. Действительно, почти вся эта часть карты представляет собой закономерное чередование зон 2, 5, 8, 5, 2 и т.д. Зоны имеют неровные контуры, неправильные очертания, но в общем характеризуются северо-западными простираниями. Иногда рядом со 2-й и 5-й зонами появляются небольшие участки 1-й и 4-й зон. Обычно 2-я или 1-я и 2-я зоны образуют замкнутые поля, окаймленные зонами 4 и 5, а за ними идет обычно 8-я зона, которая снова сменяется зонами 5 и 2 в обратном порядке. Большие площади, занятые зонами 2, 5 и 8, свидетельствуют о том, что при резком колебании дисперсии пластов от одного поля к другому средняя поверхность пластов в основном неизменно располагалась в средней трети разреза, притом в верхней ее части, т.е. где-то между 33 и 50%. В верхней трети разреза средняя поверхность встречается реже, так как зоны 1 и 4 занимают значительно меньшие площади, чем зоны 2, 5 и 8.

Там, где на карте показаны береговая полоса Татарской суши и краевая зона отсутствия песчаников у ее юго-восточного окончания, положение зон дано без реконструкции верхней размытой части пашийского горизонта и в ряде случаев границы зон проведены пунктиром. Характерным для прибрежной полосы является наличие в ближайших к побережью участках зон с малой дисперсией пластов: в более северных участках это зоны 2 и 3, южнее - зоны 2 и 1. Непосредственно за ними располагаются зоны 5 и 8, реже зона 4. Для южного купола характерно почти повсеместное распространение 8-й зоны, характеризующейся высокой дисперсией пластов и низким положением средней поверхности, располагающейся в средней трети разреза, в интервале 50-66%. 9-я зона высоких дисперсий и более низкого положения (в нижней трети разреза) средней поверхности пластов встречается значительно реже, обычно примыкая небольшими пятнами к участкам 8-й зоны. Кроме того, в пределах южного купола встречаются небольшие изолированные участки 5-й и 6-й зон, наиболее характерные для западной его части и юго-восточного склона. Они сходны с 8-й и 9-й зонами по положению средней поверхности, но отличаются меньшей дисперсией пластов. Следует указать и на небольшие участки 2-й и 3-й зон, отличающиеся совсем незначительной дисперсией и располагающиеся на западе в районе Ново-Елховских скважин и на юго-востоке в районе Сулинских. Следует отметить большую расчлененность и пестроту зон западной части и юго-восточного склона южного купола.

Рассмотрим несколько примеров использования метода моментов для характеристики вертикальной изменчивости пород на месторождениях, связанных с локальными структурами, располагающимися в пределах эпигерцинских платформ.

Обратимся с этой целью к уже упоминавшемуся выше месторождению Жетыбай и сравним характер вертикального размещения песчаных пластов батского и байосского ярусов в его пределах. Для построения карт использованы данные тех же скважин, что и для карт сравнительной песчаности бат-байосских отложений.

Ввиду сравнительно простых очертаний изолиний поверхности относительного положения центров тяжести песчаных пластов батского яруса и изолиний их дисперсий, разберем обе системы изолиний на совмещенной карте вертикального размещения песчаных пластов (рис.14). Средняя поверхность песчаных пластов располагается примерно в средней части яруса, и значения относительного положения центров тяжести в отдельных скважинах колеблются от 38% в скв. 20 до 56% в скв. 4 и 38. По существу, в пределах структуры проходят всего четыре изолинии (40, 45, 50 и 55%), все располагающиеся в средней трети разреза.

В направлениях изолиний отмечается некоторая выдержанность, в основном они протягиваются более или менее параллельно длинной оси складки. При этом положение средней поверхности в западной и восточной частях структуры меняется различно. Кроме того, осевая линия средней поверхности, если можно так выразиться, сдвинута несколько к югу от длинной оси складки. В западной части структуры, в присоевой южной ее части, замыкается наибольшая изолиния (55%) средней поверхности (скв. 9 - 56%), за которой следует изолиния в 50%. В направлении на север и на юг положение средней поверхности все боль-

ше повышается — до 48% (скв. 14) на юге и 47% (скв. 72) на севере. В восточной половине складки наблюдается обратная картина: в приосевой южной ее части замыкаются изолинии 40 и 45%, а затем 50 и 55%, что свидетельствует о понижении средней поверхности от оси складки в сторону северного и южного ее крыльев. Дисперсия песчаных пластов батского яруса всюду высокая и колеблется от 57 до 67%. Изолинии в общем вытянуты вдоль длинной оси складки, но идут не параллельно ей, а волнисто изгибаются.

Зона наименьших дисперсий, околтуренная изолинией 60%, узким языком идет с востока на запад по южному крылу приосевой зоны структуры, затем поворачивает на северо-запад, сечет ось складки и замыкается у скв. 63. От скв. 65 она начинается снова и идет уже вдоль северного крыла складки на запад. Кроме того, на востоке, примерно в осевой части структуры, изолиния 60% образует небольшой замкнутый участок, отделенный от идущего южнее узкого языка скв. 15 и 54, в разрезах которых дисперсия пластов песчаников равна всего 61%. К северу и югу от изолинии 60%, т.е. по мере удаления от оси складки, наблюдается увеличение дисперсии, на юге достигающей 65%, а на северном крыле — 67%. При этом в районе скв. 12 зона чуть повышенных дисперсий узким поперечным клином вдаётся к югу в направлении скв. 33, к осевой части складки.

Ввиду повсеместной большой дисперсии пластов для карты вертикального размещения песчаных пластов (см. рис. 14) градации изолиний при разбивке на поля выбраны иные, чем для аналогичной карты терригенной толщи девона. Для показа положения средней поверхности пластов использованы те же изолинии в 0; 33,3; 66,6 и 100%, выделяющие верхнюю, среднюю и нижнюю части разреза.

Для показа полей дисперсии выбраны изолинии 40, 60 и 80%, в пределах которых располагаются все установленные значения дисперсии пластов. Таким образом, по дисперсии выделяются поля высоких дисперсий (от 40 до 60%) и поля очень высоких дисперсий (от 60 до 80%). Всего при использовании указанных значений изолиний для положения поверхности центров тяжести и дисперсии пластов теоретически возможно выделение шести зон (см. рис. 14). На карте вертикального размещения батских песчаников присутствует из возможных шести всего две зоны — 8-я и 11-я, определяющими для которых являются изолинии дисперсии, поскольку по всей площади структуры поверхность центров тяжести песчаников располагается в средней трети разреза и примерно в его середине. При общей большой дисперсии песчаников во всех разрезах батских отложений, все же в приосевой полосе структуры, дисперсия несколько меньше (8-я зона), чем на крыльях складки (11-я зона). 8-я зона полностью соответствует узкому языку, ограниченному изолинией 60% на карте дисперсий, и протягивается полосой с востока на запад сначала по южной приосевой части структуры, затем поворачивает на северо-северо-запад, пересекает ось и вдоль нее идет снова почти на запад до скв. 63. Новый язык 8-й зоны появляется в приосевой части структуры на северо-восточном ее крыле между скв. 65 и скв. 16 и 18.

Небольшой овальный участок 8-й зоны располагается в осевой части структуры на востоке, в районе скв. 1. Вся остальная площадь входит в 11-ю зону. Таким образом, песчаные пласты в батском ярусе распространены почти по всему разрезу равномерно. Средняя поверхность пластов располагается почти в середине разрезов, а дисперсия пластов увеличивается от осевой части структуры к крыльям.

Разберем карту вертикального размещения байосских песчаников (рис. 15). Карта поверхности относительного положения центров тяжести байосских песчаников несколько отличается от такой же карты для батского яруса, но не по значениям изолиний, а по их распределению. Средняя поверхность и для байосских отложений не выходит за пределы средней трети разреза, всюду оставаясь в ее верхней части. Относительное положение центров тяжести песчаников колеблется в отдельных разрезах от 34 до 50%, поэтому на карте всего три изолинии — 35, 40 и 45%. В грубом приближении все они вытянуты вдоль длинной оси структуры, но не в виде прямых, а в виде волнисто-изогнутых параллельных линий. При этом от северного крыла на юг наблюдается понижение

средней поверхности, достигающее своего максимума в скв. 34, 20 и 71 (до 50%), расположенных уже на южном крыле структуры. Еще южнее, судя по разрезу скв. 3, средняя поверхность предположительно снова начинает несколько повышаться (42%).

Карта дисперсии песчаных пластов байоса (см. рис. 15) сходна с такой же картой для батского яруса по значениям изолиний дисперсии, но заметно отличается по их расположению. Все разрезы байосских отложений характеризуются высокой дисперсией песчаных пластов, колеблющейся от 48% (скв. 26 и 65) до 64,6% (скв. 50). При этом характерно, что изолинии дисперсий в большинстве случаев не параллельны, а секут длинную ось структуры.

Область наибольших дисперсий проходит с севера на юг, с некоторым отклонением на юго-восток почти через центральную часть структуры, образуя замкнутую изолинию в 60% в осевой ее части и вторую почти широтную, раскрывающуюся к югу на южном крыле структуры в районе скв. 34, 3, 72. По обе стороны от этой зоны на восток и на запад дисперсия падает до 55-50%. При этом на востоке изолиния 55% пересекает ось складки, меняя свое направление с юго-западного на юго-восточное, и затем поворачивает на северо-восток. Следующая к востоку изолиния 50% как бы вложена в предыдущую, она несколько меняет угол наклона в северной части и оконтуривает небольшую площадь в присводовой части структуры. На запад от зоны максимальных дисперсий изолиния 55% сечет структуру с северо-востока на юго-запад, образуя изгиб в восточную сторону к скв. 42 в своей южной части. Дальше на северо-запад дисперсия уменьшается до 48% у скв. 55 (изолиния 50% дважды сечет ось структуры), от которой вновь увеличивается до 58% у скв. 18.

Таким образом, карты дисперсии песчаников батского и байосского ярусов отличаются друг от друга. Если изменение дисперсии батских песчаников в общем идет параллельно длинной оси структуры, то для байосских песчаников наблюдается иная закономерность: зоны с разной дисперсией как бы секут структуру, в пределах которой в направлении с северо-запада на юго-восток дважды наблюдается смена полос более высоких и более низких дисперсий.

Карта вертикального размещения песчаных пластов байоса (см. фиг. 15) построена в той же системе изолиний, что и аналогичная карта для батского яруса. В пределах всей площади структуры поверхность центров тяжести байосских песчаников располагается в средней трети разреза, но отстоит от кровли яруса не далее, чем на половину величины его мощности. При этом она полого погружается на юг.

На карте выделяются зоны высокой (40-60%) и очень высокой дисперсии (60-80%), которые по существу и определяют ее общий облик. Всего в пределах структуры две зоны (8-я и 11-я) с одинаковым положением средней поверхности и высокой (8-я) и очень высокой (11-я) дисперсией. Зона очень высокой дисперсии (11-я) образует два изолированных участка, расположенных один над другим и как бы пересекающих структуру почти в ее центральной части. Один из участков, замкнутый в районе скв. 50, расположен в приосевой части структуры; другой, открывающийся на юг, расположен на южном склоне структуры. Вся остальная часть структуры располагается в 8-й зоне.

Сравнивая карты вертикального размещения батских и байосских песчаников, следует отметить, что при сходстве положения поверхности центров тяжести (средняя треть яруса) дисперсия пластов, будучи в обоих случаях высокой и очень высокой, меняется различно: в батском ярусе зоны разных дисперсий тянутся вдоль длинной оси складки и дисперсия растет от оси к крыльям, в байосском — зоны дисперсии секут ось складки и зона наибольшей дисперсии сечет структуру в центральной части, а в обе стороны от нее дисперсия уменьшается.

Рассмотрим еще несколько примеров аналогичных карт, построенных для месторождений Западно-Сибирской низменности.

Обратимся к позднеюрским отложениям уже упоминавшегося выше Пунгинского месторождения, расположенного в пределах Северо-Сосьвинского свода. Краткие сведения о характере структуры и строении разреза Пунгинского месторождения были даны выше при описании карты изопакит и числа пластов позднеюрских песчаников.

Рассмотрим карту относительного положения центров тяжести песчаных пластов (рис.16). Вынесенные на карту значения относительного положения центров тяжести колеблется от 43,3% (скв. 235) до 85,4% (скв. 242), так что поверхность центров тяжести располагается, то в средней, то в нижней части разрезов. При этом во всех случаях по мере удаления от центральных присводовых участков структуры, где отложения поздней юры отсутствуют, к периферийным, наблюдается закономерное понижение средней поверхности. В непосредственной близости от зоны отсутствия позднечюрских отложений расстояние от средней поверхности до их кровли составляет 43,3% (скв.235), 45,5% (скв. 244) и 54,7% (скв. 509) величины их общей мощности. В периферийных скважинах оно постепенно увеличивается.

Изолинии средней поверхности повторяют в общих чертах контур присводовой зоны, где отсутствуют позднечюрские отложения. Правда, изолинии не всегда строго параллельны как "лысому" участку, так и друг другу. Местами наблюдается заметное сгущение изолиний и быстрое погружение средней поверхности на коротких расстояниях. Обычно это происходит в тех участках свода, где зона отсутствия юрских отложений резко меняет свои очертания как, например, в районе скв. 208, 209, 238, 239, 242, 247. Наиболее глубокое положение средней поверхности наблюдается либо в наиболее удаленных скважинах - скв.242 (85,4%) и скв. 211 (74,1%) на севере, в скв. 212 (74,5%) на северо-западе, в скв. 236 (65,9%) и скв. 249 (66,4%) на юге, либо в скважинах, расположенных не очень далеко на периферии, но около участков, где зона отсутствия юрских отложений резко меняет очертания, например, в скв. 209 (71,9%) на юго-западе, в скв. 238 (75,3%) на западе.

Карта дисперсии песчаных пластов (рис. 17) позднечюрского отдела по характеру распределения изолиний в общих чертах соответствует карте числа пластов и карте средней поверхности песчаников (см. рис. 8 и рис. 16). Дисперсия пластов в большинстве разрезов невелика и колеблется от 0 до 25-30%, закономерно увеличиваясь от центральных частей структуры в сторону всех ее склонов. Зона нулевых дисперсий, соответствующая однопластовым разрезам, непосредственно примыкает к области отсутствия верхнечюрских отложений. Изолинии дисперсии в общих чертах повторяют контуры области отсутствия позднечюрских отложений, и увеличение дисперсии к периферии идет довольно постепенно во все стороны, за исключением юго-западной.

На юго-западном склоне наблюдается довольно резкое увеличение дисперсии до 40,8% и 55,9% и изолинии сгущаются на коротких расстояниях, в частности, между скв. 208 (0%) и 209 (55,9%), скв. 234 (0%) и скв. 243 (40,8%). Следует напомнить, что в юго-западной зоне увеличивается и число пластов песчаников до четырех-пяти, не превышающее на всех остальных участках структуры трех пластов.

Карта вертикального размещения песчаных пластов в разрезе позднечюрских отложений на Пунгинской площади (рис.18) достаточно наглядно совмещает в себе данные двух предыдущих карт. При выделении различных зон в данном случае использованы изолинии с теми же значениями, что и при построении карт для терригенной толщи девона, т.е. для положения средней поверхности песчаников 0; 33,3; 66,6 и 100%, а для дисперсии 0; 20; 40; 60% и более. Всего при такой разбивке, как известно, возможно существование девяти различных зон. Из них на карте Пунгинского месторождения полностью отсутствуют три зоны: 1-я, 4-я, 7-я, характеризующиеся высоким положением средней поверхности, поскольку наименьшее расстояние средней поверхности от кровли позднечюрских отложений, выраженное в процентах, равно 43,3% (скв. 235).

Наиболее характерными зонами на карте являются 2-я, 5-я и 6-я. Две первые характеризуются одинаковым положением поверхности центров тяжести, располагающейся в средней трети разреза, но разной дисперсией: очень малой во 2-й зоне и средней (от 20 до 40%) в 5-й. Как правило, 2-я зона всюду непосредственно примыкает к области отсутствия юрских отложений в центральной части структуры, 5-я соседствует с ней по ее внешнему краю. На северо-западном, восточном и юго-восточном склонах вслед за 5-й зоной дальше от свода появляется 6-я зона, характеризующаяся той же средней дисперсией пластов, что и 5-я (20-40%), но более глубоким положением (нижняя треть раз-

реза) средней поверхности пластов. На северном и северо-восточном склонах переход средней поверхности в нижнюю треть разреза осуществляется быстрее, чем увеличение дисперсии пластов и поэтому непосредственно со 2-й зоной здесь контактирует по ее внешнему краю 3-я зона с малой дисперсией пластов, как и во 2-й зоне, но с пониженным положением поверхности центров тяжести. Дальше на периферии она переходит в 6-ю зону, в которой наряду с понижением поверхности центров тяжести происходит и увеличение дисперсии пластов до 20-40%.

Площади юго-западного склона свойственны две новые зоны - 8-я и 9-я, с высокой дисперсией пластов (40-60%) и с разным положением средней поверхности - в средней части разрезов в 8-й зоне и в их нижней трети в 9-й. При этом большая площадь приходится на 9-ю зону, которая занимает весь периферийный участок склона. Переход от 2-й присводовой зоны к 9-й происходит по-разному. В средней части склона, в районе непосредственного продолжения "лысого" участка, 2-я зона у скв. 208 переходит в узкую полоску 3-й зоны, затем 6-й зоны и, наконец, у скв. 209 в 9-ю зону. К северо-западу и юго-востоку от этой средней полосы 2-я зона переходит к периферийной 9-й зоне через довольно обширные участки 5-й и 8-й зон. Правда, на северо-западе, вблизи скв. 237, участок 8-й зоны имеет форму такого же узкого клина, как и 3-я зона в средней части юго-западного склона между скв. 208 и 209.

В результате анализа всех карт вертикальной изменчивости, включая карту числа пластов и изолиит песчаников, характеризующих размещение песчаных пластов в разрезах позднеюрских отложений на Пунгинской площади, можно сделать определенные выводы о характере распределения песчаного материала и даже о его источнике. Судя по изменению числа пластов и суммарных изопакит песчаников, а также по положению их средней поверхности, формирование обломочного материала, по-видимому, происходило в основном за счет разрушения центральных участков структуры, сложенных гранитными породами палеозойского фундамента.

Судя по распределению песчаного материала, поступление его извне не происходило. Кварцевый состав песчаников нижней пачки согласуется с составом фундамента, по-видимому, уже в значительной степени разрушенного и выветрелого к началу позднеюрской трансгрессии. Известковистость песчаников верхней пачки связана с обилием обломков раковин моллюсков, обитавших в прибрежной зоне моря. Основное накопление песчаного материала в течение всего времени происходило в присводовой зоне. Оно, по-видимому, осуществлялось по всему побережью, в пределах литоральной зоны и на небольшой глубине в бассейне. Не исключено существование местами двух генераций береговых валов, сложенных песком (древняя генерация) и битыми раковинками. Распространение песчаного материала в глубь бассейна происходило в более ранние этапы, когда снос был более энергичным, но не постоянным, о чем говорит понижение средней поверхности к периферии структуры и увеличение дисперсии пластов в том же направлении.

Методика построения карт

Как уже указывалось, под палеогеографической понимается такая карта, на которой дано изображение физико-географических условий, существовавших во время образования древних осадков. Карта по мере возможности должна показывать расположение древних морей и областей суши, рек и озер, гор и вулканов, рельеф суши и дна моря, направление ветров и течений, климат, распределение растительного и животного мира и другие элементы, характеризующие древние, на сегодня уже исчезнувшие ландшафты. Палеогеографическая карта является синтезом наших знаний о древних обстановках, синтезом, основанном, прежде всего на изучении литологического состава пород и содержащихся в них фауны и флоры, включая и учет геотектонических особенностей исследованных территорий. Ввиду неполноты геологической летописи палеогеографические карты в сравнении с литолого-фациальными содержат значительно больший элемент экстраполяции. Поэтому уменьшение масштаба меньше сказывается на содержании палеогеографической карты, чем литолого-фациальной. В ряде случаев, при отображении на больших площадях карты однообразных обстановок, ее масштаб может быть мельче, чем у литолого-фациальной карты.

При выборе интервала картирования сокращение последнего более желательно для палеогеографической карты, поскольку при ее построении полностью исключается какое-либо суммирование обстановок во времени. Поэтому чем для большего отрезка времени воспроизведены на карте преобладавшие обстановки, тем больше упускается отклонений от них, имевших место в этот интервал времени. Все это заставляет стремиться к построению палеогеографических карт для минимально возможных промежутков времени.

После установления масштаба и выбора интервала подбирается рабочая топооснова, на которую с карточек фактических данных, имеющихся для каждого изученного разреза, переносятся все исходные материалы, необходимые для построения палеогеографической карты. Скважины и обнажения, по которым изучался каменный материал, обозначаются на карте двойными кружками или квадратиками. Рядом указываются все особенности разрезов, характеризующие физико-географическую обстановку и прежде всего приуроченность разрезов к литолого-фациальным зонам на одноименной карте. Для мест, где отсутствуют отложения картируемого горизонта, указываются состав и возраст пород залегающих непосредственно ниже и выше по разрезу.

Сведения о неполном размыве той или иной картируемой части разреза также помещаются возле значков скважин или обнажений. В соответствии с легендой здесь же рисуются характерные экологические и систематические группы фауны и флоры. При этом число знаков одинаковых форм обозначает количество, а буквы внутри знака — образ жизни животного. Кроме того, наносятся знаки или цифры, информирующие о структурных и текстурных особенностях отложений, что отражает динамику среды переноса и накопления осадков. Знаки аутигенных минералов, конкреций, включений, окраски пород и других показателей палеогеографической обстановки, которые также наносятся на карту, детально описаны в легенде.

При необходимости и наличии соответствующих данных наносятся геохимические показатели и параметры нефтематеринских свойств пород: содержание в породе углерода органического вещества и битума, извлеченного хлороформом, содержание битуминозных компонентов в органическом веществе. Кроме того, указываются доступные палеоклиматические данные, полученные по литологическим признакам, а также по палеотемпературным, и палеомагнитные определения. В заключение возле каждого значка изученного разреза ставится знак предполагаемой палеогеографической обстановки.

После нанесения всех данных на рабочую топооснову необходимо перейти к непосредственному построению карты, т.е. проведению границ различных физико-

географических обстановок. Для того, чтобы палеогеографическая карта была достаточно содержательной, на ней по мере возможности должны быть реконструированы области древней суши и древних бассейнов. При изображении суши в оптимальном варианте должны характеризоваться ее рельеф, состав слагающих пород, распределение рек, биогеографические районы, направление ветров и климатическая зональность. При показе древних бассейнов необходимо восстановление древних береговых линий, особенностей течений и волнений, биогеографических районов, химических особенностей бассейна (соленость, газовый режим, pH), рельефа дна и глубины.

Приступая к проведению границ на палеогеографической карте, следует помнить, что основой любых палеогеографических реконструкций, прежде всего являются разнообразные литологические данные, содержащиеся на всевозможных литолого-фациальных картах. Выявление и характеристика литологических типов пород служат основой для выделения литолого-фациальных зон, по которым, в первую очередь и строится палеогеографическая карта.

Однако, наряду с литолого-фациальными особенностями отложений, следует учитывать и целый ряд общегеологических факторов и прежде всего характер тектонических движений, существенно влияющих на распространение физико-географических обстановок. Тектонические движения, изменяя рельеф, меняют и другие основные компоненты ландшафтов, а следовательно, и общую палеогеографическую картину. Изучение перерывов, как правило, являющихся следствием тектонических движений, дает много ценных сведений для палеогеографических построений так же, как и структурный анализ и наблюдение над ритмичностью. Существенную помощь при построении палеогеографических карт оказывает использование принципа унаследованности рельефа, связанного с известным постоянством тектонических движений. Прежде всего он определяет порядок построения карт от более древних горизонтов к более молодым, способствуя при этом оконтуриванию областей поднятий, являющихся источниками сноса, и областей опусканий, служащих зонами аккумуляции сносимого материала.

Характеристика суши

Определение области сноса. После анализа всех имеющихся литолого-фациальных карт и общегеологических данных можно приступать к решению первой и одной из основных задач палеогеографического картирования — определению местоположения источников сноса. Реконструкция областей сноса является одним из наиболее сложных вопросов палеогеографии. Разграничение древних областей сноса и отложения осадков затрудняется не только сложностью и многообразием процессов, происходящих на суше, но и частым размывом как древних континентальных образований, так и отложений, образовавшихся в непосредственной близости от области сноса. Для каждого геологического отрезка времени следует различать устойчиво существующие (с постоянными или меняющимися границами) и временные области сноса.

Устойчивые области сноса лишь на значительном удалении кажутся едиными. Как правило, при детальном изучении они оказываются разнородными, состоящими из отдельных зон размыва и накопления. Поэтому фациальные изменения в осадочных толщах по мере приближения к области сноса в различных районах выражены по-разному. О наличии областей сноса часто судят только по присутствию грубообломочных пород и неполноте стратиграфического разреза. Между тем этих факторов так же, как и данных об уменьшении мощности отложений, далеко недостаточно. Наличие области сноса надежно доказывается по выклиниванию отдельных стратиграфических комплексов и трансгрессивному залеганию более молодых слоев, поскольку это имеет место по периферии как устойчивых, так и временных источников сноса. При отсутствии указанных доказательств необходимо комплексное использование различных данных, как-то: характера изменения фаций, состава пород, их структурных и текстурных особенностей и т.д.

Наиболее действенным и универсальным методом установления областей сноса является фациальный анализ. Им можно пользоваться как применительно к

континентальным, так и к морским отложениям. Всегда по мере удаления от области сноса континентальные и прибрежные фации начинают переслаиваться с лагунными, постепенно уменьшаются в мощности, полностью исчезают, лагунные же в свою очередь, постепенно переслаиваясь, заменяются морскими. С приближением к устойчивым областям суши увеличивается число перерывов в разрезе, меняется окраска отложений, увеличивается количества растительного детрита и т.д. Но иногда при быстрой трансгрессии и наличии абразионных берегов морские отложения могут лечь почти непосредственно на породы, слагающие область сноса. В таких условиях широкого развития отложений одной фации следует максимально использовать генетические признаки слагающих ее различных типов пород, совокупное рассмотрение которых позволит и в этом случае наметить расположение областей сноса.

Существенную помощь в определении областей сноса оказывают наблюдения над текстурами. Главными из них, позволяющими установить направление приноса обломочного материала, а следовательно, и положение областей сноса, являются сведения о падении косої слоистости в песчаниках и ориентировки галек в конгломератах. К сожалению, такие наблюдения практически невозможны при изучении кернового материала и могут быть использованы лишь при наличии выходов картируемых пород на дневную поверхность.

Проанализировав соответствующим образом фактические данные, перенесенные на топооснову, можно провести оконтуривание областей отсутствия отложений картируемого интервала и обособление среди них участков, являвшихся источниками сноса.

Рельеф и состав пород суши. Следующим существенным этапом в построении карты является выяснение характера рельефа древней суши. Последний может сохраняться в погребенном виде или его необходимо полностью реконструировать, исходя из особенностей отложений, сохранившихся вблизи места, где он был размыт.

В погребенном виде могут сохраняться как эрозионные, так и аккумулятивные формы рельефа. Реконструировать рельеф необходимо тогда, когда он уничтожен древним размывом или недоступен для наблюдения. При реконструкции рельефа восстанавливается некоторый усредненный общий его облик, тогда как при обнаружении погребенного рельефа возможно изучение его конкретной формы. При определении погребенных форм рельефа следует ориентироваться на характер залегания и фациальный состав вмещающих толщ. В пределах ограниченных площадей, где отсутствовали дифференцированные поднятия и опускания, погребенный рельеф может быть установлен по карте изопахит для толщи, лежащей между поверхностью рельефа и опорным горизонтом. При реконструкции рельефа следует исходить из особенностей отложений, располагающихся в непосредственной близости от предполагаемых его неровностей. О рельефе можно судить по гранулометрическому, а иногда и минералогическому составу образующихся отложений, учитывая при этом и особенности древнего климата. Однако следует помнить, что чем дальше расположен район от области сноса, тем меньше характер отложений зависит от особенностей рельефа, приобретая постепенно некоторый усредненный облик.

Определение пород, слагающих области сноса, при наличии погребенного рельефа осуществляется непосредственным наблюдением, а в случае реконструкции рельефа производится на основе детального изучения петрографического и минерального состава образовавшихся поблизости отложений. Большое значение при этом имеет изучение типоморфных особенностей тяжелых и легких минералов.

Реки и ветры. Местонахождение древних рек фиксируется по нахождению древних русел. Руслу диагностируются по морфологическим данным и по речному генезису выполняющих их отложений. Если в области сноса не сохраняются ни древние русла, ни долины рек, то они реконструируются по нахождению древних дельтовых отложений или конусов выносов, по направлениям наклона косої слоистости, по наличию отложений опресненных участков морей или озерных накоплений среди континентальных толщ и, наконец, по характеру и распределению терригенно-минералогических провинций.

Определение направления господствующих ветров проводят по замерам косої слоистости в песчаниках с установленным эоловым генезисом.

Органический мир. Детально методика палеоэкологических реконструкций описана в работах Р.Ф.Геккера (1957), Е.А.Ивановой, И.В.Хворовой (1955), А.И.Осиповой (1954). Не вдаваясь в подробности, можно указать, что при изучении органических остатков в палеогеографических целях желательны указывать их общее содержание в породе, систематический состав, размеры, особенности захоронения, степень сохранности и ориентировку, для суждения о возможности переотложения. Особенно важными являются наблюдения над систематическим составом древних фаун и флор с подсчетом количества экземпляров различных видов или родов. В разных обстановках соотношения между ними существенно различны.

Необходимо учитывать, что в благоприятных условиях обитания виды разнообразны, но каждый представлен небольшим числом экземпляров. В неблагоприятных условиях количество видов резко уменьшается, но число экземпляров каждого из оставшихся видов растёт. Размер органических остатков одного и того же вида также имеет существенное значение, как для определения условий обитания, так и возможного переотложения. Помимо остатков фауны, в целях реконструкции ландшафтов следует изучать распределение растительных остатков, спор и пыльцы, особенно при наличии континентальных отложений.

Климат. При восстановлении климатов прошлого приходится основываться на изучении органических остатков, на составе осадочных пород, некоторых их текстурных особенностях и на данных химического изотопного метода. Наиболее простым способом палеоклиматического анализа древних организмов является выделение биогеографических зон и провинций. С климатом связана зональность в распределении организмов, их внешний вид, размеры, разнообразие видового состава, сезонные изменения строения многих организмов и т.п. Литологический состав пород, характер их разрушения и состав кор выветривания также служат основанием для определения климата. Из текстурных особенностей пород существенной в этом отношении является сезонная слоистость. Изучение изотопов кислорода (O^{16} и O^{18}), входящих в состав карбонатных раковин в разной пропорции в зависимости от температуры морской воды, позволяет непосредственно восстанавливать температуры древних морей.

Обобщение. С изложенных выше позиций рассматриваются все данные, нанесенные на рабочую топооснову в области выделенной суши, и производится оконтуривание участков с разным рельефом суши, разным составом слагающих ее отложений, стрелками показываются направления сноса, указываются имеющиеся реки, коры выветривания и т.д.

Рассмотрение климата и органического мира проводится совместно и для суши и для водных бассейнов. При этом чаще всего в условиях крупномасштабного картирования вся исследуемая область характеризуется одинаковым климатом и попадает в одну биогеографическую зону или провинцию.

Характеристика древних бассейнов

Положение береговой линии. После характеристики суши следует перейти к изучению особенностей и выделению зон бассейна. Проще всего это проводить в направлении от установленных областей сноса, от прибрежных и континентальных отложений в глубь бассейна, к морским. В этом случае прежде всего встает вопрос об определении древних береговых линий. Вопрос этот довольно сложный, поскольку береговые линии непрерывно меняют свои очертания и, кроме того, разделение отложений в прибрежной зоне на морские и континентальные встречает значительные затруднения.

Береговые линии в непосредственном виде сохраняются крайне редко и, как правило, могут быть зафиксированы в осадках лишь в периоды максимальных трансгрессий или регрессий. Но и в этом случае береговые уступы с прирастающими раковинами, камнеточцами, следами деятельности прибоя можно наблюдать лишь при расчлененном рельефе суши. У берегов с расчлененным рельефом часто присутствуют конгломераты, морские отложения ложатся на резко размытую поверхность подстилающих пород, лагунные отложения отсутствуют и почти не сказывается опресняющее действие речных вод.

В условиях выровненного рельефа широкое развитие приобретают заливы и лагуны, изменяется соленость вод, а с ней и характер органического мира. Чем положе рельеф, тем шире пояс опресненных вод, чаще встречаются лагуны и положение береговой линии становится более расплывчатым. В таких случаях на карте выделяется лишь зона, в пределах которой перемещалась береговая линия за изучаемый отрезок времени. За максимальную границу при этом принимается граница современного распространения соответствующих отложений изучаемого возраста, снятая с соответствующей литолого-фашиальной карты. Если между указанной границей и границей области сноса остается небольшое пространство — поле недоверности — оно остается незакрашенным. Если полоса эта оказывается очень широкой, то она делится пополам и одна часть включается в область достоверной суши, другая — в область с заведомо морскими отложениями.

Физико-химические особенности бассейна (соленость, газовой режим, температура, pH, Eh). Определение солености и газового режима весьма существенны для характеристики бассейна. О солености древних бассейнов можно судить как по характеру хемогенных осадков, так и по составу органических остатков. Литологический ряд: первичные карбонаты — сульфаты — самосадочные соли, свидетельствующий об увеличении солености бассейна, известен. В последнее время для определения солености бассейна все чаще используются и глинистые породы с их характерными высокими адсорбционными свойствами.

Безусловно, существенным моментом в определении солености бассейнов являются наблюдения над органическими остатками. Живые организмы чутко реагируют на изменения солености. Поэтому всякие ее отклонения от нормы влекут за собой резкое обеднение видового и родового состава фауны с одновременным увеличением количества особей оставшихся видов. Параллельно с уменьшением числа видов, часто опреснение или осолонение вызывают и заметное изменение в строении раковин.

Газовый режим бассейна определяется окислительно-восстановительным потенциалом, к изменениям которого наиболее чутки минералы железа и марганца. Использование рядов этих минералов от наиболее окисных через нейтральные к резко восстановленным сульфидам способствует реконструкции газового режима бассейна. Существенную помощь в определении газового режима древних бассейнов оказывает и изучение остатков фауны. Ненормальный газовый режим или присутствие в воде вредных для организма растворенных соединений вызывает появление карликовых форм.

Вместе с характером газового режима выявляются значения pH и Eh

Существенное влияние на седиментацию и газовый режим бассейна оказывает и его температурный режим. Определение температурного режима можно дать качественное и количественное. Литологические и палеонтологические признаки позволяют выделить отложения бореальных полярных зон, аридных и гумидных, субтропических и тропических. Количественная оценка температурного режима бассейна основывается на изучении изотопов кислорода, соотношений содержания кальция и магния, содержания стронция в раковинах различных организмов, о чем уже упоминалось выше.

Гидродинамические условия. Водные массы древних бассейнов были не менее подвижны, чем современные. Они подвергались разнообразным волновым процессам и вертикальному перемешиванию. Как и ныне, существовали поверхностные и донные течения. Наиболее выразительно движения водных масс запечатлены в текстурах пород, которые и должны являться объектом наиболее внимательного анализа. Волнения фиксируются в осадке в виде знаков ряби, волнистой внутренней текстуры.

Среди поверхностных, глубинных и донных течений последние оказывали более существенное влияние на формирование текстуры осадка. Донные течения не только откладывают осадки, но и размывают дно бассейна. Течениями обусловлено появление в удалении от берега вытянутых пятен песчаных осадков с текстурой русловых отложений. О направлении древних поверхностных и глубинных течений можно судить по ориентировке планктонных и активно плавающих форм, по распределению фаций, а также и по данным о миграции донных организмов, которые расселяются путем разноса личинок течениями.

При реконструкции гидродинамического режима бассейна следует руководствоваться по возможности методикой, предложенной в работах А.В. Хабакова (1948, 1951) и В.А. Гроссгейма (1946, 1964).

Рельеф дна и глубина бассейна. Большинство древних морей имело ровное дно. Однако иногда при быстрых трансгрессиях при возникновении вулканов и рифов на дне моря могли существовать значительные неровности. Основным способом реконструкции донного рельефа является исследование фаций. Чем больше расчленен рельеф, тем пестрее фациальная картина и резче выражены границы между фациями. Чем положе формы донного рельефа, тем однообразнее отложения и постепеннее переход от одних фаций к другим.

Рельеф дна сказывается на гранулометрическом составе отложений, на газовом режиме, на распределении донных организмов и иногда на мощности отложений. Определение глубин бассейна чаще всего производится чисто качественно, т.е. определяются относительные глубины. При этом необходимо учитывать целый ряд факторов: 1) гранулометрический состав отложений с учетом современных закономерностей размещения разных фракций обломочного материала; 2) характер органических остатков; 3) характер поверхностей напластования; 4) специфику фациальных изменений; 5) особенности древнего рельефа.

Определение абсолютных глубин бассейна, выраженных в метрах, является одной из сложнейших и пока редко решаемых задач палеогеографии. Чаще всего для этого используют остатки фауны и флоры. Последние наиболее показательны, поскольку развитие флоры связано с проникновением света в толщу воды и лимитируется глубинами от 0 до 50 м. Некоторую помощь в определении абсолютных глубин бассейна оказывают и химические образования в илах, а именно, карбонатные, железистые и марганцевые оолиты, бокситовые бобы, фосфориты, глауконит. Пользуясь сравнением с современными глубинами их образования, можно предполагать, что и раньше они отлагались в аналогичной последовательности: от берега до нескольких метров глубины располагались кальцитовые оолиты, до глубин 50-60 м - бокситовые, железистые, марганцевые, на глубинах 100 ± 50 м - фосфориты и около иловой линии (200 ± 100 м) - глауконит. Считается, что конгломераты на морском дне даже в зоне сильного волнения не накапливаются глубже 10-15 м.

До настоящего времени нет прямых критериев для определения глубоководности отложений. Обычно ниже 200-300 м петрографические и фаунистические черты осадков остаются сходными в интервале глубин во многие сотни метров.

Характеристика зон бассейнов. После соответствующего анализа данных, нанесенных на рабочую топооснову, производится оконтуривание различных зон в бассейне. Основой для выделения служат данные различных литолого-фациальных карт, сведения о структурных и текстурных особенностях пород, об аутигенных минералах, о составе и облике остатков фауны и флоры. Разграничение зон до некоторой степени носит условный характер, так как в течение времени, для которого строится карта, границы их не остаются постоянными и на карте фиксируется лишь наиболее устойчивое положение зон.

Как и в современных, в пределах древних бассейнов выделяются три зоны: шельф (с глубинами от 0 до 200-400 м), континентальный склон, или батинальная область (с глубинами от 200-400 до 2000-3000 м) и абиссальная область.

Шельфовая область моря разделяется на глубокую и мелкую части (Методические указания..., 1967). Мелкая часть характеризуется широким развитием наиболее мелководных отложений - грубых песков, обломочных известняков, глинистых пород с трещинами усыхания, с толстостенными моллюсками и т.д. Выделяются мелководный шельф у открытого берега, равнинного или гористого, и закрытый шельф. У открытого шельфа с равнинным берегом наблюдается четкая смена галечников и песков глинистыми песками и песчаными глинами, которые в свою очередь сменяются глинистыми и карбонатными илами. У гористого берега развиты более грубозернистые образования без закономерного чередования фаций. В зоне закрытого шельфа могут существовать иловые впадины, ватты, серия лагунов, заливов, отделенных пересыпями, косами, барами.

На карте зоны изображаются различного рода штриховкой в сочетании с красками. В условиях поисков нефтеносных площадей следует особое внимание обратить на оконтуривание иловых впадин, характеризующихся развитием определенного литологического комплекса отложений, состоящего из глин и пелитоморфных известняков и содержащего обильное органическое вещество, кремнезем и специфический комплекс фауны. Отложения иловых впадин во все стороны сменяются глинистыми, алевроитовыми или карбонатными отложениями нормальной солености.

Особые знаки предусмотрены для показа мелководных водоемов с повышенной и пониженной соленостью, зон развития рифовых массивов, одиночных рифов, а также наземных, подводных и грязевых вулканов.

Батинальные накопления выделяются на карте одним общим цветом, не подразделяясь на более мелкие зоны. Литологически они близки к отложениям глубоких частей шельфа и представлены глинами, мергелями, известняками, часто с обильным органическим веществом, с тонкой горизонтальной слоистостью, с характерным комплексом фауны, в котором преобладают планктонные и нектонные формы. Эти отложения характеризуются выдержанностью на большие расстояния.

Для абиссальных образований знак в легенде не предусмотрен, поскольку в ископаемом состоянии они практически неизвестны.

Примеры построения карт

В качестве примера приведем палеогеографическую карту пашийского времени для той же территории, для которой дана и вся серия литолого-фацциальных карт. Однако ввиду того, что пашийское время составляет лишь небольшую часть времени образования терригенной толщи девона, а площадь крупномасштабной карты включает в себя довольно ограниченное число физико-географических обстановок, целый ряд важных с методической точки зрения вопросов останется не рассмотренным. Следует учитывать, что для всех горизонтов, слагающих толщу терригенного девона на значительно большей территории, включающей центральные и северные районы Волго-Уральской области, построены литолого-фацциальные и палеогеографические карты с соответствующими комментариями (Михайлов, 1968). Поэтому прежде, чем перейти к описанию палеогеографии пашийского времени, целесообразно дать кратко общую характеристику палеогеографических условий во время образования терригенной толщи. Это позволит осветить ряд вопросов, связанных с характеристикой суши, ее составом, рельефом, положением береговой линии и некоторыми другими сведениями, что не было бы возможно при описании лишь части времени образования терригенной толщи и на сравнительно ограниченной территории.

Образование терригенной толщи связано с трансгрессией Уральского моря на восточную окраину Русской платформы, происходившей в течение значительного промежутка времени среднего и начала позднего девона. Большинство пород терригенной толщи сформировалось в основном в условиях мелководного шельфа. Лишь небольшая их часть образовалась на прибрежной равнине, примыкавшей к морю.

О рельефе девонской суши можно судить главным образом по особенностям пород, образовавшихся вблизи нее. Отсутствие наиболее грубозернистых отложений — конгломератов и галечников, а также почти чисто кварцевый состав терригенной толщи свидетельствуют о значительной пенепленизации суши. О незначительной расчлененности рельефа можно судить и непосредственно, по небольшому изменению мощностей кыновских отложений. Последние трансгрессивно залегают на породах фундамента на северном куполе Татарского свода, наиболее устойчиво сохранявшемся как область сноса. Следует отметить, что при общей сглаженности форм рельефа, западная суша, приуроченная к Коми-Пермяцкому и Татарскому сводам, была тектонически активной восточной, связанной с Пермско-Башкирским сводом. На западе и северо-западе Татарско-Коми-Пермяцкой суши, по-видимому, существовали участки с повышенным рельефом, о чем говорит обильное поступление обломочного материала с этих уча-

стков как на восток, так и на запад, и наиболее позднее их затопление. К этим же участкам приурочены и многочисленные следы вулканизма в терригенной толще (наличие лавовых потоков в Казакларе, Привятске, туфогенной толщи в Сырьянах, многочисленных прослоев пепловых туфов), указывающие на существование вулканов где-то в их пределах.

О составе пород областей сноса дает представление минералого-петрографическое изучение отложений терригенной толщи, а также пород, сохранившихся от размыва в самих областях сноса. В пределах последних под различными горизонтами терригенной толщи на западе вскрываются породы кристаллического фундамента, а на востоке — осадочные образования ниже- и верхнебавлинской свит. Породы фундамента отмечены в наиболее устойчивых и активных участках области сноса, в основном в районе западной гряды холмов, приуроченной к Таттарскому и Коми-Пермяцкому сводам. Местами на породах фундамента, представленных гранито-гнейсами, амфиболитами и габбро-диабазами, сохранились остатки коры выветривания, имевшей в основном каолинитовый состав. На основных породах кора выветривания красно-бурая, почти без кварца, с каолинитом, галлуазитом, хлоритом и гидрогетитом.

Минералогический состав обломочной части пород терригенной толщи достаточно однообразен и представлен в основном комплексом устойчивых минералов. В легкой фракции преобладает кварц, в тяжелой — группа рудных минералов, циркон и турмалин. Несколько разнообразнее состав минералов в базальных горизонтах, непосредственно перекрывающих породы фундамента или бавлинской свиты. Это же свойственно отложениям, разрезы которых расположены вблизи выходов кристаллических пород.

Изучение топоморфных особенностей кварца из пород терригенной толщи, кристаллического фундамента, дойфельской коры выветривания, бавлинской, ашинской и нижнесилурийской свит позволило сделать вывод о преобладающей роли пород фундамента в образовании терригенной толщи. Все типы кварца, встреченные в кварцсодержащих породах фундамента, находят свое отражение в отложениях терригенной толщи, в основном сохраняя при этом свои количественные взаимоотношения. Присутствие в терригенной толще регенерированного кварца с ожеженными корочками и вторично окатанными регенерационными каемками служит прямым указанием на то, что при образовании пород терригенной толщи, наряду с породами фундамента, размывались и древние осадочные свиты.

Возвращаясь к данным о составе коры выветривания, можно сказать, что они позволяют предполагать наличие влажного теплого или жаркого климата, существовавшего в начальные фазы наступления среднедевонского моря. Об этом же свидетельствует и олигомиктовый состав обломочных компонентов терригенной толщи. На наличие влажного и теплого климата указывает и широкое распространение в терригенной толще аутигенных минералов железа — лептохлоритов, сидерита, пирита, в рассеянном виде или в виде пластов убогих оолитовых гидрогетит-лептохлорит-сидеритовых руд. Сведения о составе морской фауны согласуются с такой реконструкцией. В периоды сокращения сноса и максимального карбонатообразования в морях изобиловали теплолюбивые животные: кораллы, в том числе рифообразующие, водоросли, морские лилии.

Переходя к характеристике самого бассейна, следует прежде всего, остановиться на характере его береговой зоны. Ее положение и особенности устанавливаются по фациальным изменениям, структурным и текстурным особенностям пород, а также по характеру фауны. Нигде в отложениях терригенной толщи, даже в соответствующих максимумам трансгрессий, следов фиксированной береговой линии не найдено, что вполне понятно, если учитывать общий сглаженный характер рельефа. Для каждого горизонта терригенной толщи удается определить лишь зону миграции береговой линии, которая устанавливается по смене фаций, по чередованию континентальных и прибрежно-морских отложений, по появлению отложений опресненных лагун, пляжевых и баровых песков. Характер береговой зоны в разные этапы формирования терригенной толщи и на разных участках бассейна был резко различным, о чем уже упоминалось выше. Существовали участки с ровным открытым морским побережьем и с сильно изрезанной многочисленными заливами, лагунами, косами и отмелями береговой линией.

При наличии открытого побережья фации характеризовались сравнительной однообразностью. Песчано-глинистые хлидолитовые образования прибрежной равнины сменялись прибрежными песками. На прибрежный характер песков указывают окатанность, отсортированность обломков, почти полное отсутствие фауны, частые находки тонких слойков, состоящих почти нацело из рудных минералов и циркона. Помимо прибрежной зоны, пески накапливались и в некотором удалении от берега среди глинисто-алевроитовых илов, это было связано с наличием донных течений и возможным подъемом локальных структур.

Пески, приуроченные к подводным возвышенностям, островам и мелям, характеризуются высокой отсортированностью (коэффициент отсортированности $g_{\text{ф}}$ колеблется от 0,85 до 0,95) и окатанностью обломков. Это связано с неоднократным перемывом и переотложением их внутри бассейна, с выносом с отмелей наиболее легко подвижных глинисто-алевроитовых частиц, отлагавшихся в затишных зонах, возможно, тут же между отмелями. Местами непосредственно в береговой полосе формировались глинисто-алевроитовые илы с характерной волнистой и сложной слоистостью, соответствующей условиям значительного мелководья и волнения.

За прибрежными песками или волнисто-слоистыми алевроитами располагались морские мелкозернистые глинисто-алевроитовые и алевроито-глинистые осадки с тонкой горизонтальной или пологоволнистой слоистостью. За зоной алевроитовых илов располагались глинистые илы.

В условиях заливно-лагунного побережья фации были более разнообразными, но невыдержанными по площади. Пески, слагавшие пересыпи, косы, бары, отгораживали серию опресненных лагун и заливов с тонкослоистыми глинистыми илами. Характерной фацией этой зоны была фация полосчатых алевролитов с типичными текстурными особенностями, с обильными следами илоедов, с многочисленными растительными остатками, линзами сидерита и пиритом. Широко распространенной, специфической фацией этой зоны являлась фация оолитовых гидрогетит-лептохлоритово-сидеритовых руд двух типов. Более окисные гидрогетит-лептохлоритовые руды откладывались в прибрежной части заливов и лагун и в более открытых участках бассейна и более восстановленные лептохлорит-сидеритовые — дальше от берега, в более тихих участках. При уменьшении выноса железа из коры выветривания в этих же заливах и лагунах образовывались неотсортированные глинисто-алевроитовые породы со сферосидеритом и обильным кремнеземом, а местами прослой чистых каолиновых глин.

Нижняя половина шельфа, куда поступление обломочного материала было незначительным, характеризовалась широким развитием глинисто-карбонатных илов. Скелетные остатки обильно представленных в этой зоне разнообразных морских организмов являлись существенной частью накапливавшихся осадков. В периоды сокращения сноса с суши карбонатные илы распространялись на всю зону шельфа, подступая непосредственно к береговой зоне. В тихих заливах и обособленных лагунах шло накопление тонких известковистых и доломитовых илов, а в более открытых подвижных участках побережья, подверженных действию волн и течений, образовывались специфические мелководные карбонатные отложения, такие, как раковинные песчаники, водорослевые известняки, пятнистые брекчиевидные известняки, обломочные известняки.

Обилие и разнообразие фауны в зоне открытого шельфа, включающей криноидеи, кораллы, мшанки, свидетельствует о нормальной солености бассейна и о нормальном газовом режиме. На пониженных участках дна, наряду с донными формами, живущими на мягком грунте, встречаются и плавающие формы птеропод, гонитов, а также пелагические фораминиферы, обитающие только в условиях нормальной солености. В глинистых осадках прибрежной зоны обычно встречаются только лингулы, приспособленные к условиям пониженной солености и мягкому илистому грунту. Среди фораминифер в прибрежной зоне встречаются в основном бентические формы, более приспособленные к изменению условий.

О глубинах бассейна накопления терригенной толщи дают представление тектонические особенности пород и фауна. Широкое распространение разнообразных видов волнистой, пологоволнистой и сложной слоистости, связанной с волнениями и течениями, многочисленные следы ползания, зарывания, взмучивания, брекчирования осадков свидетельствуют о небольшой глубине отложения. На это же ука-

зывают структурные особенности железных руд, широкое развитие обломочных и детритусовых известняков, ракушняковых банок и биогермов. Присутствие строматопороидей и сине-зеленых водорослей непосредственно указывает на глубины не более 40–50 м. Богатый комплекс морских форм в бассейне, обилие рифообразователей, в том числе кораллов, свидетельствует о достаточно высокой температуре воды, возможно, порядка 18–20°.

О характере газового режима бассейна, обусловленного положением линии окислительно-восстановительного потенциала, можно судить по распределению наиболее чувствительных к нему минералов железа, широко представленных в терригенной толще. Газовый режим в придонных водах сохранялся нормальным. По-видимому, даже в наиболее тихих лагунах, осадки которых были наиболее богаты органическим веществом, зараженность их H_2S не распространялась на толщу придонной воды, которая периодически, ввиду крайней мелководности лагун, легко перемешивалась и аэрировалась.

После характеристики условий образования терригенной толщи в целом легче представить себе положение интересующего нас пашийского времени в общей истории формирования толщи. Кроме того, сравнительно небольшой участок детально закартированной площади может быть легко вписан с общую палеогеографическую схему и описание физико-географических обстановок пашийского времени сведено к простому описанию карты без детальной характеристики обстановок, которые по существу сохранялись в течение всего времени образования терригенной толщи и описание которых приведено выше.

Пашийское время начинается с собой новый пашийско-кыновский этап образования терригенной толщи. Оно охватывает первую волну трансгрессии этого этапа, последовавшей сразу за небольшой регрессией в конце муллинского времени. Началу трансгрессии предшествовали некоторые поднятия и осушение прибрежных участков, обмеление бассейна, а местами и размыв только что отложившихся прибрежных образований. Пашийская суша располагалась примерно в тех же границах, что и муллинская – на карте ее контур находится в северо-западном углу (рис.19). Суша была сложена породами фундамента, коры выветривания и причлененными к ним осадочными отложениями ардатовского горизонта. Юго-восточная прибрежная зона суши на палеогеографической карте реконструирована на основе фациального анализа, поскольку пашийский горизонт здесь частично, а местами и полностью размывает предверхнекыновской трансгрессией.

Начало опусканий в пашийском бассейне сопровождалось активизацией движений в области источников сноса, следствием чего и явилось усиленное поступление обломочного материала в бассейн. Увеличилось поступление материала в бассейн за счет размыва ардатовских и муллинских песков у побережья Коми-Пермяцкой суши. Однако как фундамент, так и кора выветривания по-прежнему поставляли значительную часть обломочного материала в пашийский бассейн. По-видимому, местами размывались более глубокие горизонты коры выветривания. Поэтому вблизи коренных выходов фундамента в пашийском горизонте, наряду с кварцем встречается небольшое количество свежих полевых шпатов.

Полоса песчаных осадков у юго-восточного и восточного побережья Татарской суши была неширокой. Образование их шло в мелководной прибрежной части шельфовой зоны С (см. рис.19). Поступление обломочного материала с Татарской суши на восток в пашийский бассейн происходило двумя путями: северным, уходящим за пределы карты, и более южным в виде узкого рукава, проходящим через ряд Елабужских, Афанасовских и Тлянчи-Тамакских скважин. Песчаный материал в основном осаждался во внутренних центральных зонах бассейна.

В течение большей части пашийского времени отмели, приуроченные к южной вершине свода, отчетливо отделялись от более северной зоны отмелей почти широтной полосой преимущественно алевроитовых осадков, протягивающейся через целую серию Южно-Бондюжских, Усть-Икских, Азеве-Салаушских и Мензелино-Актанышских скважин. Этим пашийское время отличалось от муллинского, когда обширная зона мелей, занимавшая всю южную вершину Татарского свода, сплошной полосой тянулась на север до линии Агрыз-Елово (уже за пределами нашей карты). Северная зона отмелей имела более широкую связь с береговой зоной

пашийского моря, а основным поставщиком песчаного материала в пределы южного купола, по-видимому, являлся указанный выше узкий рукав, в виде подводного течения или русла, отходивший от мест, где сейчас находятся Елабужские и Бехтерево-Танайские скважины. Возможно, что временами действовала и более южная зона привноса, существовавшая в муллинское время. Однако ввиду размыва пашийских отложений она получила слабое отображение на литолого-фациальной карте.

В зонах отмелей отчетливо выделяются более устойчивые отмели и затишные участки. В северной зоне наиболее устойчивые отмели размещались в районе Кучуковских и Казаковских скважин. В зоне южного купола количество устойчивых отмелей было значительно большим. Они имели разнообразное направление и форму и почти равномерно распределялись по всему куполу. Затишные зоны были более редки, но имели большие размеры. Обычно они как бы заслонялись отмелями. Одна из таких зон располагалась в районе Азнакаевских и Уральских скважин и имела почти широтное простираение, другая - в районе Зай-Каратайских, Миннибаевских, Ново-Елховских и Альметьевских скважин была почти меридионального направления. Обе заслонялись отмелями. Заслонена отмелями и более северная не очень обширная затишная зона района Березовских скважин, имеющая широтные очертания. Только в районе Сарманово-Сулеево-Ташляирской затишной зоны также широтного простираения отмели поблизости отсутствовали.

В основном в зонах отмелей аккумуляровались хорошо отсортированные песчаные отложения. В затишных зонах были широко представлены глинисто-алевритовые неотсортированные отложения со сферосидеритом. В эти затишные зоны сносился наиболее мелкий обломочный и коллоидный материал с отмелей, отлагавшийся в них, не успев как следует рассортироваться. За пределами зоны отмелей располагались глинисто-алевритовые отложения мелководной верхней части шельфа, иногда с обильным растительным детритусом и с характерными слоистыми текстурными структурами.

О характере движений пашийского времени можно получить представление по картам вертикальной изменчивости. При общем незначительном подъеме дифференциальные движения в пашийское время интенсивнее проявляли себя в пределах южного купола, что выразилось в большей подвижности островов, в большей пестроте зон вертикального размещения песчаников, в большей дисперсии и большем числе пластов песчаников. При этом интенсивность накопления песчаного материала в пределах южного купола была больше в начале времени, а в пределах склонов северного купола - во вторую половину времени. По-видимому, следствием уменьшившегося сноса и ослабления движения водных масс в бассейне было то, что песчаный материал часто аккумуляровался, не достигая южного купола, хотя он почти непрерывно поступал с берега в зону узкого потока, отходившего от места, где находятся Елабужские скв. 8 и 182 и Бехтерево-Танайская скв. 509. В то же время, видимо, благодаря более широкой связи с прибрежной полосой в северную зону отмелей песчаный материал поступал почти в течение всего времени. При этом в пределах северной зоны отмелей отчетливо намечаются участки северо-западного простираения, по которым шло поступление материала в бассейн. Одни из них были более стабильными, другие менее устойчивыми.

В конце пашийского времени в связи с значительным сокращением сноса произошло некоторое углубление бассейна, сказавшееся в появлении на юго-востоке, уже за пределами закартированной площади, карбонатных фаций "верхнего известняка" начала кыновского времени. После отложения известняка намечается обратное движение - отступление бассейна и связанное с этим широкое развитие мелководий.

В период намотившегося отступления моря в связи с усилившейся тектонической активностью имели место и вулканические явления, отчетливо проявившиеся за пределами закартированной площади в виде лавового потока в Казакларе и мощной вулканогенно-осадочной толши в районе Сырьян - Гавриловки.

1. Предложенная методика, разработанная на основе детального литологического изучения терригенной толщи девона центральных и северных районов Волго-Уральской области и предусматривающая составление серии разнообразных карт нового типа, ни в коем случае не претендует на универсальность. Она лишь намечает основные направления и способы построения карт, которыми следует руководствоваться в каждом отдельном случае в зависимости от специфики объекта исследования и поставленных задач.

2. Правильное обобщение обширной геологической информации методом крупномасштабного картирования может быть достигнуто только путем раздельного построения литолого-фациальных и палеогеографических карт. В связи с требованиями практики и необходимостью решения самых разнообразных конкретных вопросов, связанных с размещением отдельных литологических комплексов, в работе основное внимание уделено построению различного вида литолого-фациальных карт.

3. Для того, чтобы информация, передаваемая картами, была строго объективной, построение всех видов предлагаемых литолого-фациальных карт основано на данных о точных количественных взаимоотношениях различных типов пород в разрезах. Существенным моментом в предлагаемой методике является широкое использование каротажных данных для получения большого количества обоснованных точек, необходимого для построения карты. Привлечение каротажных данных возможно благодаря детальному литологическому изучению основных опорных разрезов, точной увязке их с каротажом, дальнейшей корреляции разрезов и соответствующей их литологической интерпретации.

4. Применение современных методов литологических исследований позволяет расчленять изучаемые толщи пород на многочисленные разности, различные по генезису. Поэтому во избежание излишней перегруженности карты, даже крупномасштабной, предусматривается предварительная группировка таких разностей пород в три комплекса, близких по генетическим особенностям или по составу, в зависимости от конкретных целей исследования. Состав комплексов зависит от состава картируемых отложений, от характера задач, стоящих перед исследователем. Для построения литолого-фациальных карт предлагается метод литологических треугольников. Наиболее обычными комплексами отложений в пределах большинства нефтегазоносных площадей являются гравийно-песчаные отложения, алевроитово-глинистые и карбонатные. Принимается, что каждому из этих комплексов соответствует одна из вершин треугольника. При выборе наиболее рационального способа разбивки треугольников на поля, воспроизводимые затем в виде литолого-фациальных зон различных очертаний на картах, использовано три различных варианта, с одной, двумя независимыми и тремя зависимыми друг от друга системами изолиний. На основании анализа целой серии карт, построенных разными способами, предлагается наиболее оптимальный вариант разбивки треугольника двумя независимыми коэффициентами, первоначально обозначенными Крумбейном и Слоссом.

Однако стандартные девять полей в треугольнике, а соответственно и девять литолого-фациальных зон на карте, не являются универсальными для каждой толщи. Детальность разбивки треугольника, т.е. значения коэффициентов, ограничивающих поля, следует подбирать в зависимости от степени литологической изменчивости картируемой толщи, масштаба карты, а следовательно, от желаемой детальности в выделении литолого-фациальных зон и от специфики задач, стоящих перед исследователем. При необходимости дальнейшей детализации карт и в выделении зон с более дробными типами, входящими в объединенный комплекс пород, отнесенный к одной из вершин треугольника, для всех разрезов, входящих в привершинное поле, в случае, если эта зона на карте пользуется широким распространением, строится дополнительный треугольник. Принимается, что вершины

дополнительного треугольника соответствуют разностям комплекса пород, который отвечает данной вершине основного треугольника. Разбивка дополнительного треугольника на поля производится той же системой изолиний двух независимых коэффициентов, как и в основном треугольнике. В некоторых случаях может возникнуть необходимость в построении дополнительной карты, для чего все разрезы пересчитываются, исходя из соотношения разностей пород, отображенных вершинами дополнительного треугольника.

5. Применение точных количественных расчетов для определения соотношения различных литологических комплексов и типов пород в разрезах, а соответственно и на площадях, позволяет по новому подойти к решению ряда чисто практических задач. Литолого-фациальные карты в этом случае дают возможность подсчитать объемы разных типов и комплексов пород, слагающих тот или иной интервал разреза. Точно отображая состав отложений, они позволяют выявить математически обоснованные тенденции литологических изменений в пространстве и дать конкретно зафиксированные границы литолого-фациальных зон. Учитывая объемы отложений разного типа, можно провести вычисления объемов снесенного с суши материала с последующей реконструкцией возможного рельефа суши, исходя из размеров ее площади. Особенно интересной в этом случае может быть увязка литолого-фациальных карт с различными данными, характеризующими нефтеносность разреза, конкретное размещение нефтяных и газовых месторождений и т.п. Региональные исследования коллекторских свойств толщи пористости и проницаемости пород, могут быть точно увязаны с ее литологическим составом. Используя средние данные о пористости и проницаемости по определенным закартированным типам и комплексам пород, можно вычислить объемы пород с различными значениями пористости и проницаемости, от которых перейти к оценке общей емкости резервуаров для комплексов с хорошей пористостью и, с другой стороны, к подсчету объемов пород, слагающих непроницаемые или слабопроницаемые перемычки и покрышки над залежами. Наряду с подсчетом объема коллекторов в толще и общего объема порового пространства (а в случае нефтеносных толщ, следовательно, и определением запасов нефти), можно провести расчет содержания органического вещества и различных его компонентов в объеме всей толщи или в объеме определенных выделенных типов пород, наиболее обогащенных органическим веществом. Таким образом, можно получить сведения о нефтематеринских свитах и др. Показ открытых месторождений нефти на соответствующей литолого-фациальной карте и определение средних запасов нефти в различных литолого-фациальных зонах позволит выявить определенные зависимости, которые могут быть использованы в дальнейшем при поисках нефти и газа в данной и в других аналогичных толщах.

6. В дополнение к литолого-фациальным картам общего типа нами впервые предлагаются карты вертикальной изменчивости пород, характеризующие положение, распределение и изменение пласта или группы пластов одного типа пород по разрезу или общую расчлененность разреза, выражающуюся в средних мощностях отдельных пластов. Построение карт также основано на точных количественных расчетах. Карты представлены либо в соответствующих изолиниях, либо в зонах, ограниченных определенными значениями изолиний. Среди предложенных карт наибольшего внимания (применительно к условиям древних платформ) заслуживают карты числа пластов, которые могут быть построены для любого интересующего типа пород.

Безусловно, при решении вопросов, связанных с поисками нефти и газа в первую очередь должны быть построены карты числа пластов песчаников — основных пород коллекторов, числа пластов пористых карбонатов и др. Карты числа пластов по существу являются картами литологических и стратиграфических ловушек, так как при оконтуривании на них зон с разным числом пластов пород одного типа, тем самым выделяются и зоны выклинивания пластов как литологического, так и стратиграфического типа, если на карте нанесены соответствующие границы размыва вышележащих отложений.

Среди карт вертикальной изменчивости пластов (особенно интересны такие карты для молодых платформ, где мощности перспективных отложений значительно возрастают, как возрастает и число пластов одного типа) следует отметить карты вертикального размещения пластов. Они характеризуют размещение по

площади тех интервалов разрезов, в которых сосредоточена основная часть интересующих исследователя пластов определенного типа пород. На картах выделяются определенные зоны, и строятся они на основе совмещения двух карт, каждая из которых дается в изолиниях. На одной из карт показывается средняя поверхность размещения интересующих пород, расстояние которой от кровли картируемого горизонта дается в процентах от величины общей мощности горизонта. На другой отображается степень рассеяния пород в обе стороны от средней поверхности также в процентах от величины общей мощности горизонта. Как и карты числа пластов, карты вертикального размещения пластов могут быть построены для различного типа пород и по существу характеризуют распределение зон фациального выклинивания и замещения выбранных пород, что делает их особенно нужными для решения вопросов, связанных с поисками литологических залежей. Кроме того, карты вертикальной изменчивости, как и литолого-фациальные карты общего типа, дают много интересного и важного материала для восстановления истории тектонических движений области и фиксируют дифференциальные движения даже небольших отрезков времени.

7. Все типы предложенных в работе литолого-фациальных карт служат основой для построения палеогеографических карт. Однако, наряду с литолого-фациальными особенностями отложений, при построении палеогеографических карт следует учитывать сведения о характере тектонических движений, которые можно получить на основе анализа литолого-фациальных карт, а также результаты изучения перерывов, ритмичности, палеонтологических, геохимических, палеодинамических особенностей отложений и т.д. Палеогеографическое картирование, помимо решения указанных выше задач, должно оказать существенную помощь и в освещении целого ряда чисто нефтяных проблем. От характера палеогеографических условий зависят процессы развития животного и растительного мира, накопление органического вещества в осадках и направление последующих диагенетических и эпигенетических процессов. Известно, что пути преобразования рассеянного органического вещества в битумы тесно связаны с условиями преобразования осадков в процессе диагенеза, эпигенеза, с палеогеографической обстановкой и геологической историей зоны нефтегазонакопления. Следовательно, от палеогеографических условий зависит в известной мере возникновение, сохранение и разрушение крупных скоплений нефти и газа. Поэтому закономерности распространения и сохранения крупных зон нефтегазонакопления в каком-либо регионе могут быть выявлены лишь при изучении его геологической истории, а последняя, как известно, воссоздается в итоге палеогеографических реконструкций.

- Бененсон В.А. Литофации и мощности нижнемеловых отложений южной части Прикаспийской синеклизы в связи с их нефтегазоносностью. - Труды ВНИГРИ, 1962, вып. 190.
- Борисяк А.А. Курс исторической геологии. Пг., 1922.
- Бушинский Г.И. Литология меловых отложений Днепровско-Донецкой впадины. - Труды ин-та геол. наук АН СССР, 1954, вып. 156.
- Вальтер И. История Земли и жизни. СПб. 1912.
- Вассоевич Н.Б. Эволюция представлений о геологических фациях. В Литол. сб. № 1. М.-Л. Гостоптехиздат, 1948.
- Геккер Р.Ф. Введение в палеоэкологию. М., Гостеолтехиздат, 1957.
- Головкинский Н.А. О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна. В кн. "Материалы для геологии России", т. I. СПб, 1869.
- Гроссгейм В.А. О значении и методике изучения гилероглифов (на материале Кавказского флиша). - Изв. АН СССР, серия геол., 1946, № 2.
- Гроссгейм В.А. Методы реконструкции течений в ископаемых бассейнах. В кн. "Методы палеогеографических исследований". сб. № 1. М. "Недра", 1964.
- Давыдова Т.Н., Гольдштейн В.Л. О понятии "фациальный анализ" и "фация". - Бюлл. научно-техн. информ., 1957, № 4.
- Жемчужников Ю.А. Что такое "фация". В Литол. сб. № 1. М.-Л., Гостоптехиздат, 1948.
- Иванова Е.А., Хворова И.В. Стратиграфия и фауна среднего и верхнего карбона западной части Московской синеклизы. - Труды ПИН АН СССР, 1955, вып. 53.
- Крашенинников Г.Ф. Палеогеографические исследования на основе фациального анализа. В сб. "Вопросы седиментологии". М., Гостоптехиздат, 1960.
- Крашенинников Г.Ф., Ронов А.Б., Хаин В.Е. Состояние и методика составления палеогеографических карт в СССР и зарубежных странах. В кн. "Труды пятого Всесоюзного литологического совещания", т. 1. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1963.
- Крумбейн В.К., Слосс Л.Л. Стратиграфия и осадкообразование. М., Гостоптехиздат, 1960.
- Леворсен А.И. Геология нефти. М., Гостоптехиздат, 1957.
- Леонов Г.П. Историческая геология. М., Изд-во МГУ, 1956.
- Маркевич В.П. Понятие "фация". М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Марковский Б.П. Термин и понятие "фация". В литол. сб. № 1. М.-Л., Гостоптехиздат, 1948.
- Методические указания по составлению литолого-фациальных и палеогеографических карт. М., изд. ИГиРГИ, 1967.
- Методы изучения осадочных пород, т. I, II. М., Гостеолтехиздат, 1957.
- Михайлова Н.А. Палеогеография среднего и верхнего девона Кировской и Пермской областей и Удмуртской АССР. М., "Наука", 1968.
- Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М., Гос. изд. физ-матем. лит-ры, 1961.
- Наливкин Д.В. Учение о фациях, т. I, II. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1955-1956.
- Осипова А.И. Ферганский залив палеогенового моря, история его развития и условия обитания населявшей его фауны и флоры. Автореф. докт. дисс. М., 1954.
- Попов В.И. Фациальное развитие осадков горных склонов подгорных пустынных равнин. В сб. "Материалы по четвертичному периоду СССР", вып. 2. М., Изд-во АН СССР, 1950.
- Попов В.И. Динамические принципы и методы фациально-палеогеографического картирования. В кн. "Труды пятого Всесоюзного литологического совещания", том. I. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1963.
- Попов В.И., Макарова С.Д., Филиппов А.А. Руководство по определению осадочных фациальных комплексов и методика фациально-палеогеографического картирования. Л., Гостоптехиздат, 1965.
- Пустовалов Л.В. Геохимические фации и их значение в общей и прикладной геологии. - Проблемы сов. геол., 1933, № 1.
- Пустовалов Л.В. Петрография осадочных пород, т. I, II. М.-Л., Гостоптехиздат, 1940.
- Пустовалов Л.В., О терригенно-минералогических фациях. - Бюлл. МОИП, отд. геол., 1947, т.22, вып. 5.

- Рухин Л.Б. Основы общей палеогеографии. Л., Гостоптехиздат, 1959.
- Саркисян С.Г., Михайлова Н.А. Детальные литолого-фациальные и палеогеографические карты для времени формирования терригенной нефтеносной толщи девона Башкирии и Татарии. В кн. "Тезисы докл. пятого Всесоюзного литологического совещания". Новосибирск, 1961.
- Скобелин Е.А. О методах построения литологических карт. - Сов. геол., 1965, № 6.
- Слосс Л.Л. Поиски нефти путем исследования фаций. В кн. "Труды четвертого Международного нефтяного конгресса, т. 1. М., Гостоптехиздат, 1956.
- Слосс Л., Крумбейн В., Деллз Э. Комплексный фациальный анализ. В сб. "Осадочные фации в геологической истории". М.; ИЛ, 1953.
- Страхов Н.М. Основы исторической геологии, ч. I, II. М., Госгеолтехиздат, 1948.
- Страхов Н.М. - Основы теории литогенеза, т. I, II. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Строение и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна, ч. I и II. - Труды ГИН АН СССР, 1959, 1960, вып. 15.
- Теодорович Г.И. Осадочные геохимические фации. - Бюлл. МОИП, отд. геол., 1947, т. 22, № 1.
- Условные обозначения и методические указания по составлению атласа литолого-палеогеографических карт СССР. М., Госгеолтехиздат, 1962.
- Ферсман А.Е. Геохимия, т. II. Л. Госхимтехиздат, 1934.
- Хабаков А.В. Динамическая палеогеография, ее задачи и возможности. В Литол. сб. № 1. М.-Л., Гостоптехиздат, 1948.
- Хабаков А.В. Косая слоистость осадочных толщ, как показатель условий образования. - Природа, 1951, № 4.
- Хабаков А.В. Об основных вопросах методики составления палеогеографических карт. - Труды ВСЕГЕИ, новая серия, 1962, вып. 72.
- Ханн В.Е. О некоторых основных понятиях в учении о фациях и формациях. - Бюлл. МОИП, отд. геол. 1950, т. 25, № 6.
- Шатский Н.С. Фосфоритовые формации и классификация фосфоритовых залежей. В кн. "Совещание по осадочным породам", вып. 2. Доклады. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Forgots on J.M. Review and classification of quantitative mapping techniques. - Bull. Am Ass. Petrol. Geol. Vol. 44, N 1. Tulsa, 1960.
- Gressly A. Observation geologique sur le Jura soleurois. Ney Denkschriften der Allg. Schweiz. Ges fur die ges. Nat. (Nouveaux Memoires...) Neuchâtel, Bd. II, 1838; Bd. IV, 1840; Bd. V, 1841.
- Krumbein W.C., Libby W.G. Application of moments to vertical variability maps of stratigraphic units. - Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Vol. 41, N 2. Tulsa, 1957.
- Le Roy Z.W. Subsurface geologic methods. Colo. School of Mines, Golden. Colo, 1950.
- Pelto C.R. Mapping of multicomponent systems. Jour Geol., vol. 62, N 5, 1954.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВЫБОР МАСШТАБА КАРТ	7
ВЫБОР СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРВАЛА	9
ПОДБОР И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ЛЕГЕНДА	11
ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ КАРТЫ	13
Карты общего типа	13
Методика построения карт	13
Примеры построения карт	16
Карты вертикальной изменчивости пород	22
Методика построения карт	22
Примеры построения карт	28
ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ	38
Методика построения карт	38
Характеристика суши	39
Характеристика древних бассейнов	41
Примеры построения карт	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
ЛИТЕРАТУРА	52

Нелли Александровна Михайлова

**МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ
ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫХ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ
КАРТ**

*Утверждено к печати Институтом геологии и разработки
горючих ископаемых Министерства нефтяной
промышленности СССР*

Редактор *С. П. Горшков*

Редактор издательства *Н. А. Никитина*

Технический редактор *В. И. Дьяконова*

Подписано к печати 6/VI-73 г. Формат бумаги 70×108^{1/16}.
Бумага № 1. Усл. печ. л. 4,9 + 8,4 вкл. Уч.-изд. л. 15,63
Т-11320. Тираж 1500 экз. Тип. зак. 336. Цена 1 р. 56 к.

Книга издана офсетным способом

Издательство «Наука», 103717 ГСП.
Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
1-я типография издательства «Наука»
199034, Ленинград, 9-я линия, д. 12

1 р. 56 к.

833

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»