

**Ю.Н.КАРОГОДИН
А.И.ПРОКОПЕНКО**

**МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ
СТРУКТУРЫ
НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ
БАССЕЙНОВ**

Ю.Н.КАРОГОДИН
А.И.ПРОКОПЕНКО

**МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ
СТРУКТУРЫ
НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ
БАССЕЙНОВ**



МОСКВА
«НЕДРА»
1984

Карогодин Ю. Н., Прокопенко А. И. Методы исследования структуры нефтегазоносных бассейнов. М.: Недра, 1984, 200 с.

В книге отражены количественные подходы к исследованию пликативных нарушений осадочных пород. Показаны широкие возможности применения аппарата проективной геометрии, позволяющего прогнозировать структурные планы глубокозалегающих продуктивных и потенциально продуктивных пластов. Рассмотрены существующие методы исследования пликативных дислокаций и предложен метод, дающий возможность количественно оценить степень деформированности складок через кривизну и градиент кривизны.

Для геологов производственных и научно-исследовательских организаций, занимающихся поисками нефти и газа.

Табл. 24, ил. 37, список лит. — 36 назв.

Рецензенты — д-р геол.-минер. наук, проф. *Н. А. Еременко* (ИГиРГИ), д-р геол.-минер. наук, проф. *А. Э. Конторович* (СНИИГГиМС)

Предисловие

В настоящее время в геологии вообще, в тектонике в частности (в том числе в структурной геологии), начинается активное развитие новой методологии, предопределяющей неизбежность появления и новых методик, приемов анализа и синтеза геологических данных. К их числу, безусловно, относятся системные (в том числе системно-структурные) исследования геологических объектов и все более конкретные количественные подходы как к анализу различных геолого-геофизических данных, так и к изучению объектов. Этим двум новым аспектам — системно-структурному анализу породно-слоевых ассоциаций (применительно к решению задач тектоники, в том числе структурной геологии) и количественным подходам к изучению «внешней» структуры осадочных толщ нефтегазоносных бассейнов — посвящена настоящая работа. Основное внимание сосредоточено на втором аспекте, с которым связано решение целого ряда актуальных практических задач нефтяной геологии. Первый аспект освещается для того, чтобы показать, насколько могут расшириться возможности количественных исследований, если они будут опираться на системную основу. Известное снижение интереса геологов к математизации в последние годы, возможно, объясняется и тем, что математику пытались применять «напрямую», непосредственно для изучения геологических объектов и их свойств, а не систем. Именно этого важного звена систем (и системности) не хватает в цепи математика—геология.

В теоретическом арсенале системно-структурного анализа породно-слоевых ассоциаций (СА ПА), несмотря на его «молодость», есть разработки, которые могут и должны быть с успехом использованы рядом геологических наук, в первую очередь тектоникой и стратиграфией.

Тектоника имеет дело с геологическими телами различного ранга, изучает их структуру, композиционные закономерности, механизм и динамику формирования, перестроения и т. д. Однако прежде чем исследовать объект (в данном случае тело и тела) необходимо его пространственно оконтурить, вычленить в геологическом пространстве. И не просто вычленить, а односторонне, чтобы можно было сравнивать объекты не только родственные (тела одного класса), но и одного ранга. Установив определенные закономерности строения (формирования и т. д.) тел одного ранга, можно сравнивать и разноранговые тела, получая новую информацию, новые выводы. Системно-структурный анализ ПА и является таким инструментом иерархического членения геологического, слоевого пространства, выявления структурных поверхностей, пригодных для тектонического анализа, определения их ранга и типа. Именно поэтому в первой части работы рассматриваются некоторые методологические и методические вопросы СА ПА, непосредственно относящиеся к изучению структуры (внешней) слоевого пространства нефтегазоносных объектов. Обсуждать эти вопросы необходимо и в связи с резким повышением точности геофизических работ в комплексе исследований бассейнов континентов, морей и океанов, где, как нам представляется, СА ПА будет важнейшим инструментом расчленения, корреляции и изучения структуры и истории формирования седиментационных толщ бассейнов любого типа и возраста.

С позиций (и с учетом достижений) СА ПА в первой части работы рассмотрены такие вопросы, как принципы унифицированного выделения структурно-тектонических подразделений и их иерархия. Обсуждается их терминология. Системно-структурный подход к исследованию ПА позволил обосновать иерархическую классификацию перерывов и размывов в разрезе и пауз в седиментации. Рассмотрена их природа, предложена новая терминология. На основе СА ПА изложена проблема выбора границ в разрезе седиментационных покровов для целей структурного анализа и палеоструктурных реконструкций, предлагается и кратко описывается районирование седиментационных бассейнов с использованием аппарата и данных СА ПА.

Все эти вопросы рассматриваются неизоллированно, не сами по себе, а в аспекте практических задач нефтяной геологии Сибири. Ряд рассмотренных

теоретических вопросов уже в настоящее время может быть успешно решен, некоторые же из них являются программой на будущее, нуждающейся в обсуждении уже сейчас.

Вторая часть книги посвящена количественным подходам к изучению «внешней структуры» слоевых ассоциаций, в нем дается обоснование возможности и важности количественной оценки степени деформированности слоевых ассоциаций. Показана также возможность прогноза структурных форм на больших глубинах и на заданной глубине залегания объекта поиска (залези нефти, газа, угля и т. д.) с использованием довольно несложного аппарата проективной геометрии. На конкретных материалах основных бассейнов Восточной Сибири (Енисей-Хатангском, Лено-Виллюйском, Тунгусском) с различной степенью детальности и проработки продемонстрированы возможности данной методики количественных исследований пликтивных дислокаций. Некоторые рассматриваемые в книге вопросы дизъюнктивных деформаций ни по смыслу работы, ни по занимаемому в ней объему не определяют ее содержания. Они скорее играют роль своеобразного фона, на котором ведется количественный анализ пликтивных дислокаций.

В третьей части книги рассмотрены возможности использования структурного анализа в комплексе нефтепоисковых исследований.

Введение и глава 1 написаны Ю. Н. Карогодиным, глава 2 — Ю. Н. Карогодиным, А. И. Прокопенко, главы 3—5 — А. И. Прокопенко, глава 6 и заключение — Ю. Н. Карогодиным, А. И. Прокопенко.

Авторы пользуются случаем выразить благодарность за помощь в подготовке рукописи А. Г. Прокопенко, В. И. Самойловой, Н. И. Тарасовой и др.

Часть I.
МЕТОДОЛОГИЯ
И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

ГЛАВА 1.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ
ТЕКТОНИКИ И СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА**

**СИСТЕМНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ
СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ**

В отличие от традиционного представления мы рассматриваем геологию как науку о геологических телах различных уровней организации (УО): минерального, литологического (породных тел), литмологического (надпородного, систем породных тел) и геологических сфер. У тел как объектов исследования любого из этих УО множество аспектов, предметов исследования. В этом множестве важно выделить главные аспекты. Геологические тела представляют собой три предмета (стороны) исследования, «среза»: вещественный, структурный и динамогенетический (рис. 1). Уже в самом этом представлении о структуре геологии заложен системный подход. Она рассматривается как система наук о структурированных геологических телах с выделением основных наук по объектам их исследования. Особенность геологических объектов заключается в том, что при их исследовании на любом уровне важным является ретроспективный аспект. В отличие от Ю. А. Косыгина мы не выделяем его в качестве самостоятельного и тем более самостоятельной системы, так как он присутствует в исследовании любого из предметов. Так, у тел любого УО изучается современное и восстанавливается первичное исходное вещество, исследуются структура (как внутренняя, так и внешняя) первичная (образования) и вторичная (преобразования) и т. д. (рис. 2).

Ретроспективный аспект важен для многих природных систем, а для геологических особенно, потому что продолжительность их «жизни» нередко измеряется десятками и сотнями миллионов (а в некоторых случаях и миллиардами) лет. Естественно, за столь длительную жизнь геологические тела нередко претерпевают существенные вещественные и структурные изменения.

Одна из важнейших задач тектоники — исследование современной структуры (внешней) тел, восстановление первоначальной структуры, история, а также динамика и кинематика ее изменения.

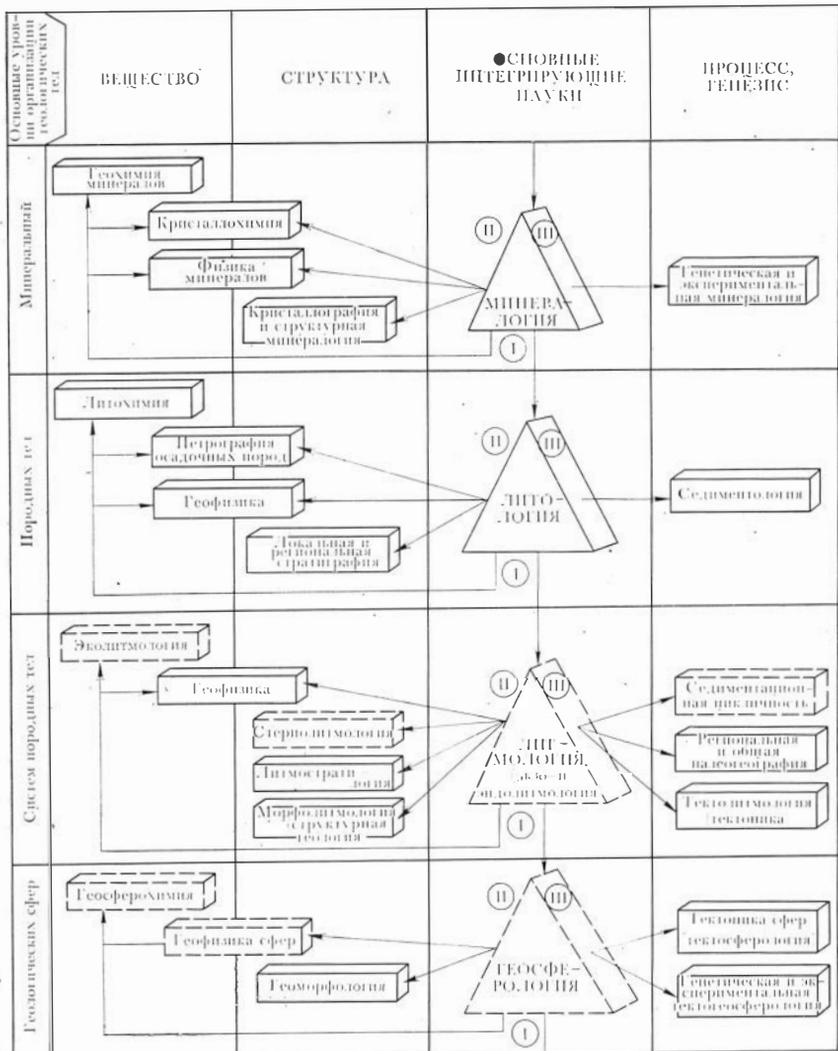


Рис. 1. Основные интегрирующие науки и научные направления в геологии, исследующие вещество (I), структуру (II), процесс и генезис (III) геологических тел разного уровня организации

Пунктиром показано место наук, находящихся в стадии формирования

Объектами исследования тектоники в широком плане являются тела всех УО, но главным образом надпородного, литмологического и геосферного.

Главными предметами тектоники, видимо, являются внешняя структура тел-систем, процессы ее образования и преобразования. Внутренняя структура тел-систем надпородного УО — предмет исследования литмологии, точнее стереолитмологии.

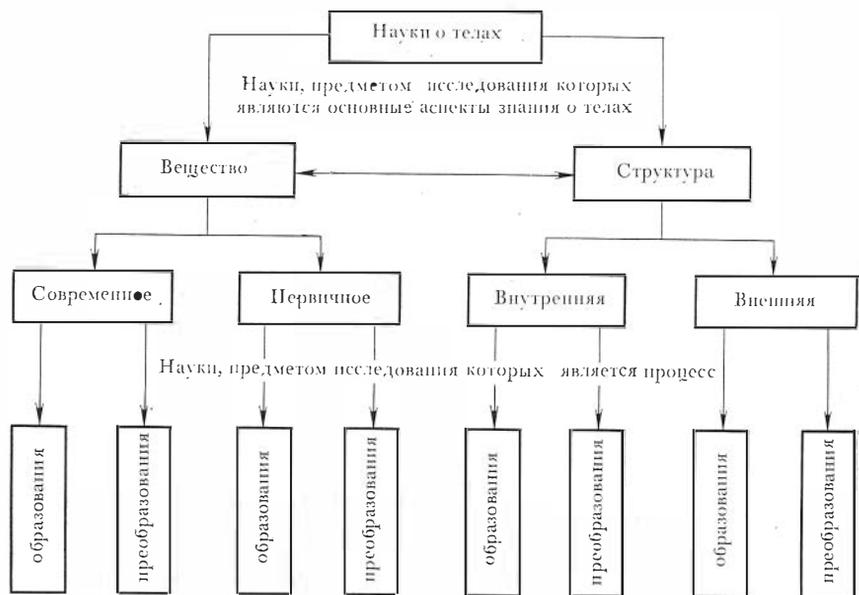


Рис. 2. Основные предметы исследования геологических тел-систем и их взаимоотношение

Литмология с ее теоретическими и методическими разработками позволяет уже в настоящее время в разрезе любого обнажения выделять иерархически организованные целостные тела-системы, названные циклитами, т. е. тела, отвечающие седиментационным циклам. По внутренней структуре, сложности организации довольно отчетливо выделяется в разрезах платформенных областей пять рангов циклитов: элециклиты (ЭЛЦ), или лоциклиты, рего- и субрегоциклиты (РГЦ и СРГЦ), нексоциклиты (НКЦ) и галоциклиты (ГЛЦ). В геосинклинального типа разрезах Кавказа, Донбасса и других между ЭЛЦ и РГЦ четко прослеживается еще несколько циклитов промежуточного ранга. Так, С. Л. Афанасьевым во флишевых разрезах верхнего мела Кавказа описаны пакеты по пять—семь ЭЛЦ мощностью 1,5—2 м. Без труда выделяются, видимо, подобного ранга циклиты в разрезе каменноугольных отложений Донбасса¹. Ранее они получили название угольных «ритмов», «циклов», «циклотем». Их мощность изменяется от нескольких метров до 10—15 м. Вероятно, к иерархической цепочке следовало бы добавить циклиты данного ранга, но для их обозначения нужен новый термин. Первые два не подходят, так как они относятся к категориям процесса (а не тела) и его характеристике, а третий («циклотема») не вписывается в

¹ В 1978 г. в Донбассе под руководством автора проведен школа-семинар по системно-структурному анализу солевых ассоциаций. Автор имел возможность ознакомиться с угленосными циклитами и исследовать их.

общую систему принятых нами терминов с окончанием на «циклит». Может быть, при образовании нового термина следует сохранить терминоэлемент «тем» от «циклотема», добавив к нему системное окончание? Получим *темциклит* (ТМЦ).

Вопрос о природе циклитов различного ранга и типа в настоящее время можно решить в общем виде. Очевидно одно — природа циклитов многолика, особенно на элементарном уровне. На более высоких уровнях (рего-, нексо- и тем более гало-), видимо, доминирует одна главная причина их образования (или, во всяком случае, весьма ограниченное их число). Представляется, что важнейшей первопричиной возникновения и формирования циклитов различного ранга являются *тектонические движения*, проявляющиеся (в зависимости от сочетания с другими факторами) по-разному. Особенно существенна, видимо, роль климатического и эвстатического факторов. Не исключено, что между этими тремя факторами существует устойчивая связь.

О доминирующей роли тектонического фактора в формировании циклитов различного ранга свидетельствуют: вполне определенное положение перерывов и размывов в структуре циклитов; прямая связь ранга перерывов с рангом циклитов; явная связь интенсивности структуроформирующих движений с определенными фазами нексо- и галоциклов: максимум активности (интенсивности) структуроформирующих движений в финально-регрессивную фазу и минимум — в финально-прогрессивную; четко выраженная связь скоростей седиментации с фазами нексоциклов, а следовательно, и с интенсивностью структуроформирующих движений; скорость седиментации отражается в мощностях элциклитов и циклитов другого ранга.

Сказанное подтверждает мысль Н. М. Страхова о том, что «породы — индикаторы не только климатических и палеогеографических условий прошлого, но и тектонической обстановки седиментационного процесса. Тектогенез и литогенез в истории земной коры — в сущности, две стороны единого историко-геологического процесса» [38, с. 68].

Все это приводит к выводу о том, что *циклиты* — это структурно-тектонические подразделения разреза седиментационного чехла. Из этого утверждения можно сделать ряд важных для тектоники заключений, в том числе следующие. Если *циклиты* являются структуро-тектоническими подразделениями (СТП) седиментационных чехлов и покровов, то *иерархия циклитов* есть иерархия СТП в разрезе седиментационных покровов.

Ранее было показано, что на структурной основе отчетливо выделяется пять-шесть рангов циклитов: ЭЛЦ, ТМЦ, СРГЦ, РГЦ, НКЦ и ГЛЦ. Следовательно, в разрезах седиментационных покровов можно выделять до шести СТП.

Вопросы об иерархии СТП, иерархической классификации перерывов в седиментации, а также о соответствующей терминологии уже поднимались ранее, в том числе и автором данного раз-

дела. Поскольку не существует общего принципа классификации СТП, нет единой их схемы и какой-то системы терминов. Так, термины «структурный этаж» и «структурный ярус» в одном случае употребляются как синонимы, в другом — как термины соподчиненного характера (ярусы в составе этажа). По-разному понимается стратиграфический объем структурных ярусов — от нескольких отделов и даже систем до одного-двух веков. Терминологический разнобой обусловлен отсутствием системы понятий, удовлетворительно разработанной понятийной базы.

Выделенным шести СТП необходимо дать наименования. Чтобы термины были ориентирующими, желательно терминологические элементы заимствовать от названия соответствующего ранга циклитов, поскольку они являются их породно-слоевыми эквивалентами. Очень трудно образовать термин для наименьшего из СТП, соответствующего элециклиту (лоциклиту). Связано это и с некоторым психологическим барьером. Тектонисты «не работают» с подразделениями в один или несколько метров (тем более дециметров и сантиметров), поэтому в практике вопрос о выделении и названии такого ранга СТП и не возникал. Однако необходимость в такого ранга подразделениях, видимо, есть. Во-первых, исследования становятся все более детальными и в будущем объектами тектоники станут не только крупные подразделения, но и самые мелкие. Элементарные циклиты и соответствующие им элементарные СТП седиментационного разреза, как видно из изложенного выше, являются ключом не только к выявлению иерархической системы, но и к определению скорости седиментации, интенсивности структуроформирующих движений и т. д. Во-вторых, уже сейчас, например, в угольной геологии структура ЭЛЦ и морфология их элементов — объекты пристального внимания и изучения. Практика все чаще обращается к исследованию объектов данного ранга. В-третьих, избранный нами принцип соответствия СТП циклитам требует соблюдения его на всех уровнях, даже если объекты какого-то уровня будут исследоваться в далеком будущем.

В качестве рабочего варианта (для обсуждения) можно предложить термин «элементарное структурное подразделение», или *электрук* (ЭЛСТК). Подразделение, соответствующее темциклиту (пакету ЭЛСТК), по тому же принципу связи терминов системы циклитов и СТП можно назвать *темярусом* (ТМЯ). Видимо, все подразделения, начиная с ТМЯ, целесообразно называть ярусами с соответствующими терминологическими элементами (приставками), принятыми в системе циклитов. Тогда общую иерархию и соотношение структурно-тектонических подразделений с циклитами можно изобразить в виде схемы (рис. 3).

В практике тектонических исследований структурным этажом довольно часто называют подразделения типа ГЛЯ, например, мезозойско-кайнозойские образования в Западной Сибири, на Туранской и Скифской платформах. Термины «галоярус» и «струк-

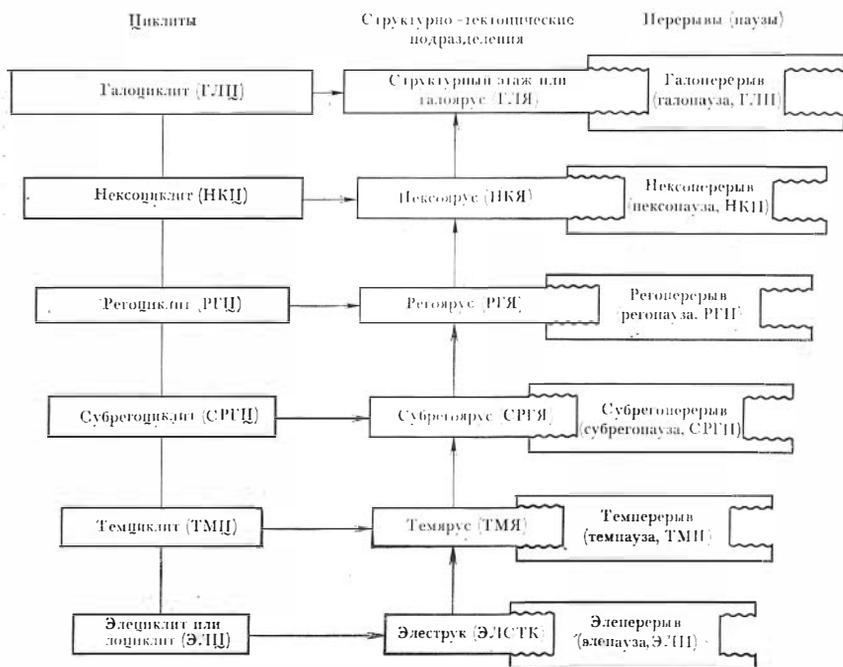


Рис. 3. Общая схема иерархии циклитов и соотношения с ними структурно-тектонических подразделений и перерывов, пауз в разрезе седиментационного чехла

турный этаж» можно оставить в качестве синонимов, а практика сама отберет более удачный и приемлемый из них.

Следует заметить, что при выделении мезозойско-кайнозойских образований в самостоятельный этаж, а палеозойских в такого же ранга СТП, на наш взгляд, произойдет неравноценное как по структурному, так и по временному объему членение. Как уже отмечалось, в палеозое (включая венд), видимо, два ГЛЦ, а следовательно, и два этажа, т. е. по объему он в 2 раза превышает мезозойско-кайнозойский этаж.

В ближайшее время объектами исследования тектонистов будут ГЛЯ, НКЯ и при детальном (региональных) работах — РГЯ. Так, видимо, в седиментационных покровах бассейнов азиатской части будет выделяться один, юрско-неогеновый ГЛЯ, состоящий из двух НКЯ — юрско-неокомского и аптско(?) -неогенового. В наиболее полных разрезах каждого из них будет по девять (?) РГЯ.

Используя данный подход к выделению СТП, можно на исследованных нами объектах наметить этажи (ГЛЯ), НКЯ и РГЯ. Так, в составе нефтегазоносных образований мотской серни и усольской свиты Сибирской платформы можно наметить шесть РГЯ (снизу вверх): хужирский, шаманский, иркутский, урикский,

шанхарский, осинско-усольский, которые составляют нижнюю половину вендско-кембрийского НКЯ, входящего в состав вендско-нижнепалеозойского этажа (табл. 1). На обосновании такого деления на РГЯ остановимся при рассмотрении методики выделения регоциклитов.

В табл. 2 дана принципиальная схема членения седиментационного чехла Западно-Сибирской плиты на СТП разного ранга. Палеоген нами не исследовался, поэтому РГЯ в его составе не выделены. В составе юрско-меловых образований Западной Сибири намечается 14 РГЯ. В ниже-среднеюрских образованиях, как известно, отсутствуют палеонтологические остатки, поэтому возрастная привязка условна. По литологии и промыслово-геофизическим данным можно с уверенностью выделить в их составе три РГЦ, а следовательно, и три РГЯ (по данным Е. А. Гайдебуровой, 1981 г.).

Эти представления хорошо согласуются с выводами о строении данной части разреза в соседнем Енисей-Хатангском прогибе, где рассматриваемые толщи палеонтологически охарактеризованы и детально исследованы Ю. Н. Карогодиным, М. А. Левчуком, Б. Н. Шурыгиным, В. А. Захаровым, С. В. Мелединой и др.

В верхнеюрско-берриасовой части разреза названных бассейнов выделяются два РГЯ: келловейско-кимериджский и кимериджско-берриасский. В правильности выделения этих РГЯ нет сомнений. Существуют лишь некоторые расхождения в проведении стратиграфической границы между ними. Последнее, может быть, связано с различной степенью детальности палеонтологической охарактеризованности разрезов Западной Сибири и Енисей-Хатангского бассейна. В составе неокомской части разреза намечаются четыре (точнее, четыре с половиной) РГЯ: берриасско(?) - валанжинский, валанжинский, валанжинско-готеривский и готеривско-барремский (см. табл. 2). В целом девять перечисленных выше РГЯ слагают юрско-неокомский НКЯ. Как известно, образования этого НКЯ присущ размыв в верхней части, фиксируемый в целом ряде районов Западной Сибири.

В аптско-датской части разреза совершенно уверенно выделяются три РГЯ: аптско-альбский (кошайско-викуловский), альбско-сеноманский и сеноманско-туронско-коньякский. Два других — коньякско-сантонско-кампанский и кампанско(?) - маастрихтско-датский — можно лишь наметить. Эти пять РГЯ образуют нижнюю часть аптско(?) - неогенового НКЯ, образованиями которого заканчивается юрско-неогеновый этаж.

Стратиграфическое положение границы между названными НКЯ по подошве аптского яруса условно, так как ни барремская, ни аптская фауна в Западной Сибири неизвестна.

По исследованным нами разрезам Афгано-Таджикского бассейна, в которых барремские и аптские отложения охарактеризованы фаунистически, названная граница проходит скорее всего внутри барремского яруса. Близкое к данному стратиграфическое положение занимает эта граница и в разрезах Северного Кавказа.

Таблица 1

Схема структурно-тектонического расчленения разреза вендско-нижнекембрийской толщи Сибирской платформы

Система	Серия	Подсерия	Регостратом	Гемистратом	Свита	Структурно-тектонические подразделения			
						Этаж (галоэрус)	Нексоэрус	Регеоэрус	
Вендская	П мотская	ФП верхняя	Иркутский	Верх- ний	Верхнеиркутская	Вендско-нижнепалеозойский	Вендско-кембрийский		
				Ниж- ний	Нижнеиркутская				
				Верх- ний	Верхнешаманская				
				Ниж- ний	Нижнешаманская				
				Верх- ний	Верхнехужирская				
				Ниж- ний	Нижнехужирская				
	ИП нижняя	Шаманский	Урикский	Верх- ний	Урикская	Вендско-кембрийский			
				Ниж- ний	Нижнеурикская				
				Верх- ний	Уральская				
				Ниж- ний	Шанхарская				
				Верх- ний	Уральская				
				Ниж- ний	Шанхарский				
Кембрийская	Русольско-верхоленская	ИР нижняя	Шанхарский	Верх- ний	Уральская	Вендско-кембрийский			
				Ниж- ний	Уральская				
				Верх- ний	Уральская				
				Ниж- ний	Уральская				
				Верх- ний	Уральская				
				Ниж- ний	Уральская				

Примечание. В связи с тем, что венд и нижний кембрий не подразделяются на ярусы, в названии РГЯ использованы названия регостратомов, выделяемых на основе СА ПА. Серии: П — прогрессивная, Р — регрессивная, ИП — инициально-прогрессивная, ФП — фациально-прогрессивная, ИР — инициально-регрессивная.

Таблица 2
 Схема структурно-тектонических подразделений
 мезозойско-кайнозойского разреза Западно-Сибирской плиты

Система	Отдел	Ярус	Возраст, млн. лет (по Афанасьеву, 1967 г.)	Структурно-тектонические подразделения		
				Этаж (гало-ярус)	Нексоярус	Регоярус
Меловая	Верхний	Датский	—70	Юрско-неогеновый	Аптско-неогеновый	Кампанско-маастрихтско-датский
		Маастрихтский	—80			Коньякско-сантонско-кампанский
		Кампанский				Сеноманско-туронско-коньякский
		Сантонский				Альбско-сеноманский
		Коньякский	—90			Аптско-альбский
		Туронский	—100			Готеривско-барремский
		Сеноманский				Валанжинско-готеривский
	Нижний	Альбский	—110		Валанжинский	
		Аптский	—120		Берриаско-валанжинский	
		Барремский	—130		Кимериджско-берриасский	
		Готеривский			Келловейско-оксфордско-кимериджский	
		Валанжинский			—140	Батский
		Берриасский	Байосский			
	Верхний	Верхневолжский	—150			Ааленский
Нижневолжский		—160		Тоарский		
Кимериджский			—170	Плинсбахский		
Оксфордский				—180	Синемюрский и геттангский	
Келловейский		—190				
Юрская	Средний	Батский	—170			
		Байосский				
		Ааленский				
	Нижний	Тоарский	—180			
		Плинсбахский		—190		
		Синемюрский и геттангский				

О СТП палеогена можно судить по исследованным нами разрезам Ферганской межгорной депрессии. В палеогене выделяются три структурных РГЯ и низы четвертого (снизу вверх): бухарско-сузакский, алайско-туркестанский, риштанско-сумсарский и массагетский (пласт II—III (?)) (табл. 3). Начатые нами совместно с ферганскими геологами исследования неогеновых моласс позволяют достаточно обоснованно предполагать в их составе наличие двух РГЯ в объеме соответственно массагетской (включая и второй пласт «сумсарской») и бактрийской свит.

Таблица 3

Схема структурно-тектонического расчленения палеогеново-нижнеогеновой части разреза Ферганской межгорной впадины

Система	Отдел	Слой, свита	Структурно-тектонические подразделения			
			Этаж (галаюрус)	Нексоярус	Региоярус	
Палеогеновая	Эоценовый	10	Юрско-неогеновый	Аптско(?) -неогеновый	Массагетский	
		9			Риштанско-сумсарский	
		8				
		7				
		6				
		5				
		4				
		3				
		Палеогеновый			2	Бухарско-сузакский
					1	

Примечание. Слой, свиты: 1 — Гознау, 2 — бухарские, 3 — сузакские, 4 — алайские, 5 — туркестанские, 6 — риштанские, 7 — исфарские, 8 — ханабадские, 9 — сумсарские, 10 — массагетская (кирпично-красная и бледно-розовая свиты).

В связи с использованием в качестве одного из важных методологических подходов «принципа соответствия», названного в работе В. Ю. Забродина «Системный анализ дизъюнктивов», изданной в 1981 г., «законом соответствия», весьма важны разработка надежных методов, правил выделения циклитов различного ранга. Эти вопросы достаточно подробно обсуждались нами в ряде статей и монографиях. Однако в последнее время появился метод, позволяющий достаточно объективно выделять тела-системы такого ранга, как РГЯ. В связи с тем, что этот метод имеет прямое отношение к выделению СТП и обоснованию их ранга, а его описание нигде нами не опубликовано, необходимо кратко осветить его и проиллюстрировать на некоторых примерах.

Выделение элементарных циклитов (ЭЛЦ) и их структурно-тектонических аналогов не вызывает каких-либо затруднений. Помогает в этом и «принцип рядов» (ЭЛЦ в разрезе следуют рядами, сериями определенного структурного типа). Затруднения возникают при выявлении слоевых ассоциаций следующего ранга, например, РГЦ. К обоснованию выделения РГЦ можно подойти дедуктивным путем. Если РГЦ, как и циклиты любого другого ранга,—целостные природные системы, состоящие из элементов-систем (ЭЛЦ) подчиненного, низшего ранга, то структура РГЦ и их границы должны найти отражение в изменении структуры этих элементов. Следовательно, необходимо найти такой структурный признак (или признаки), который отражал бы эти изменения. Целостные системы предполагают наличие двух основных частей, «борьба» между которыми и отражает суть развития, направленность изменения во времени более сложной системы, ее возникновение, существование и прекращение (начало и конец). Части системы, выраженные в существенных характеристиках, находятся в постоянном взаимодействии, поэтому необходимы такие характеристики, которые отражали бы суть этого взаимодействия и развития.

В качестве такого ведущего структурного признака можно принять мощности основных частей системы или отношение мощности какой-либо одной ее части к другой. Для выделения двух основных частей системы необходимо знать структурный тип циклита. Отношение основных частей, выраженное числом во временном (вертикальном) ряду циклитов, должно дать, исходя из общетеоретических соображений, картину направленности изменения ЭЛЦ, которая может быть выявлена по отношению мощности прогрессивной части циклита к мощности регрессивной. Однако более удобно, видимо, пользоваться отношением мощности прогрессивной части циклита к общей его мощности, выраженным в процентах. Этот показатель назван нами *коэффициентом прогрессивности* (K_p).

Применяя K_p для выделения слоевой системы рангом выше, можно использовать те же правила, что и для выделения ЭЛЦ: направленность и непрерывность изменения K_p , характер границ между ЭЛЦ и двуединое строение.

Отличие состоит лишь в том, что в первом случае в качестве элемента рассматривался слой, а здесь—ЭЛЦ.

Данный подход с использованием K_p опробован на трех основных типах разрезов и дал прекрасный результат, что еще раз свидетельствует о правильности выделения и классификации ЭЛЦ как целостных систем.

В платформенных условиях K_p использован для выделения РГЦ в вендско-кембрийских толщах Сибирской платформы. Не меньшая эффективность его применения для расчленения мощных толщ геосинклинальных разрезов и выделения РГЦ доказана при исследовании флишевых толщ верхнего мела Юго-Западного Кавказа (работы выполнялись совместно с С. Л. Афанасьевым). Обнадешивающие результаты получены с использованием K_p при изучении мощных орогенных комплексов Ферганской депрессии.

Несмотря на весьма существенные общезвестные различия в характере строения толщ геосинклинального, орогенного и платформенного типов, K_p позволял четко, обоснованно выделять РГЦ.

Чем характеризуются изменения K_p внутри РГЦ и на границе одного РГЦ с другим? Как правило, конец (верх) одного РГЦ характеризуется значениями K_p меньше 50 %, а нередко и нулевыми или близкими к нулю. Важна и характерна тенденция уменьшения K_p и приближения его к нулю в верхней части РГЦ. Начало (низ) нового РГЦ характеризуется резкой сменой тенденции в направленности изменения K_p . Как правило, его значения превышают 50 % и имеют устойчивую (но не абсолютную!) тенденцию приближения к 100 %. Это нижняя, прогрессивная часть РГЦ. Верхняя часть выделяется по постепенному уменьшению значений K_p до 50 %, а затем в самых верхах РГЦ и до нуля. Вторая (верхняя) половина РГЦ характеризуется значениями менее 50 %. Нередко на границе РГЦ происходит смена не только значений K_p и тенденции в их направленности, но и типа ЭЛЦ. Так, в одном из РГЦ мстской серии (свиты) венда обнажения р. Урик элементарные прогрессивно-регрессивные циклиты (про-рециклиты верхней части) резко сменились прогрессивными циклитами¹.

Граница между РГЦ очень часто отражается и в характере мощностей ЭЛЦ, их изменении в вертикальном разрезе. Мощности ЭЛЦ в верхней части РГЦ обычно на порядок (или несколько порядков) больше мощностей циклитов нижней, прогрессивной части. Причем если в нижней части они уменьшаются вверх по разрезу наряду с увеличением K_p , то в верхней, регрессивной части они обычно увеличиваются. Вблизи границ РГЦ чаще всего происходит и смена литологического состава, нередко меняется

¹ Прогрессивный циклит (проциклит)—циклит, состоящий из слоев прогрессивного типа, т. е. таких, у которых грубость зерна уменьшается от слоя к слою; изображается символом в виде треугольника. Регрессивный циклит (рециклит)—циклит, состоящий из слоев регрессивного типа; изображается в виде треугольника, перевернутого вершиной вниз.

цвет пород. Таким образом, смена одного РГЦ другим — это смена структуры ЭЛЦ, вещества, темпа седиментации (изменения мощностей) и, очевидно, генезиса ЭЛЦ.

Циклиты вендских образований мотской серии Сибирской платформы

При описании будем пользоваться названиями, принятыми в стратиграфической схеме (1956 г.), где терригенные образования обнажений на реках Иркут (А) и Урик (Б) именуется нижнемотской подсвитой, а преимущественно карбонатные — средне- и верхнемотскими подсвитами в составе единой свиты. В терригенных нижнемотских образованиях, представленных гравелитами с мелкой галькой, разнозернистыми песчаниками, алевролитами и в меньшей степени глинами алевролитистыми и алевролитовыми, элементарные слоевые ассоциации состоят исключительно из проциклитов молассоидного облика.

Структура ЭЛЦ терригенных образований

Первый, нижний элемент (1 Э) циклита обычно сложен ярко выраженными косыми сериями слойков, прослоев гравелита и грубозернистого песчаника с плохой окатанностью и сортировкой, а также мелкой галькой. Нижняя граница, как правило, очень резкая. В рельефе обнажений она хорошо видна, так как 1 Э сложен относительно более плотными породами, образующими карнизы, навесы с «подрезанной» нижней поверхностью и постепенной, сглаженной верхней (рис. 4). Мощность этого элемента изменяется от 0,2 до 1,8 м.

Второй, средний элемент (2 Э) циклита похож на первый и связан с ним постепенным переходом, резкая граница отсутствует. Он тоже представляет собой песчаные, нередко гравелитовые образования с «плавающей» мелкой галькой, но более тонкозернистые с более тонкими и менее крутопадающими слойками, прослоями, линзами. Между мощностью 1 Э и 2 Э наблюдается прямая связь, т. е. чем больше нижний элемент, тем мощнее и средний. Мощность изменяется от 0,2—0,5 до 1—1,2 м.

Третий, верхний элемент (3 Э) циклита представлен более тонкозернистыми песчаниками, нередко алевролитами и даже алевролитистыми глинами. Отличительными его особенностями являются субгоризонтальная сложчатость, более темный (бурый или серый) цвет. Нижняя граница обычно довольно отчетливая, верхняя — всегда резкая. Нередко можно наблюдать срезание полого наклоненных верхних слойков, например, в нижних циклитах (у уреза воды) на р. Иркут. Мощность 3 Э изменяется, уменьшаясь снизу вверх от 1,2 до 0,2 м. Самая верхняя часть терригенного разреза обнажения на р. Иркут осталась неисследованной, так как она труднодоступна (отвесные стенки).

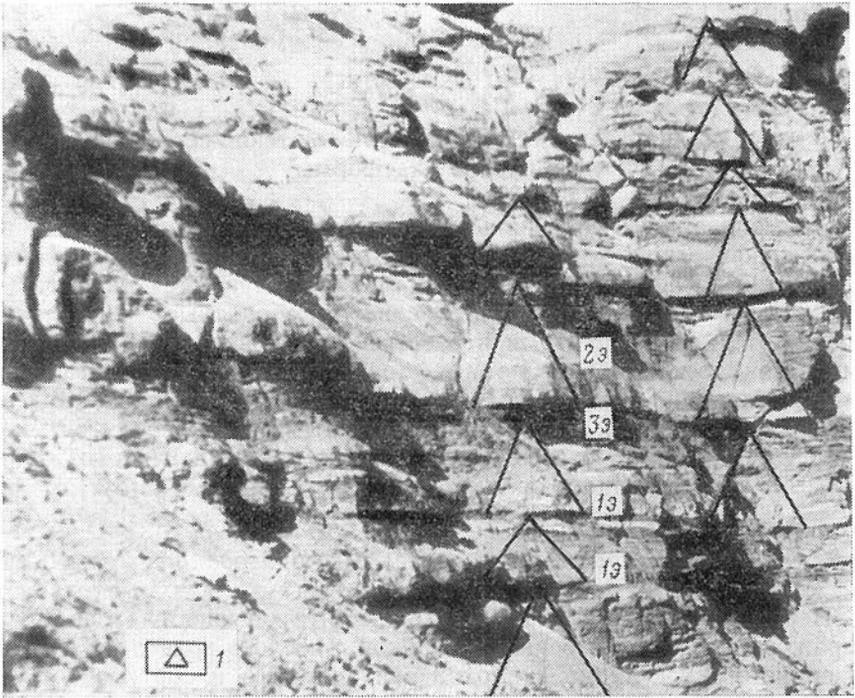


Рис. 4. Проциклиты терригенных красноцветных отложений (обнажение Шаман-горы на р. Иркут) с коэффициентом прогрессивности ниже 50 %:
1 — структурная модель проциклита

Проциклиты слагают разрезы многих бассейнов различного возраста и генезиса. Так, среди исследованных нами бассейнов они присущи многокилометровым толщам неогеновых моласс Ферганской и Афгано-Таджикской депрессий, мощным флишевым карбонатным образованиям мела Кавказа и палеогена Южного Сахалина, каменноугольным разрезам Донбасса и др.

Структура ЭЛЦ карбонатных и терригенно-карбонатных образований

В разрезе горы Серой на р. Урик карбонатные образования прекрасно обнажены и описаны послойно без каких-либо пропусков (около 200 м). В толще доломитов, в отличие от описанных выше терригенных образований, выделяются почти исключительно про-рециклиты (рис. 5). Их можно разделить на два подтипа: с превышением мощности нижней (прогрессивной) части над мощностью верхней (регрессивной); с превышением мощности верхней (регрессивной) части над мощностью нижней (прогрессивной). Естественно, может существовать и переходный тип,

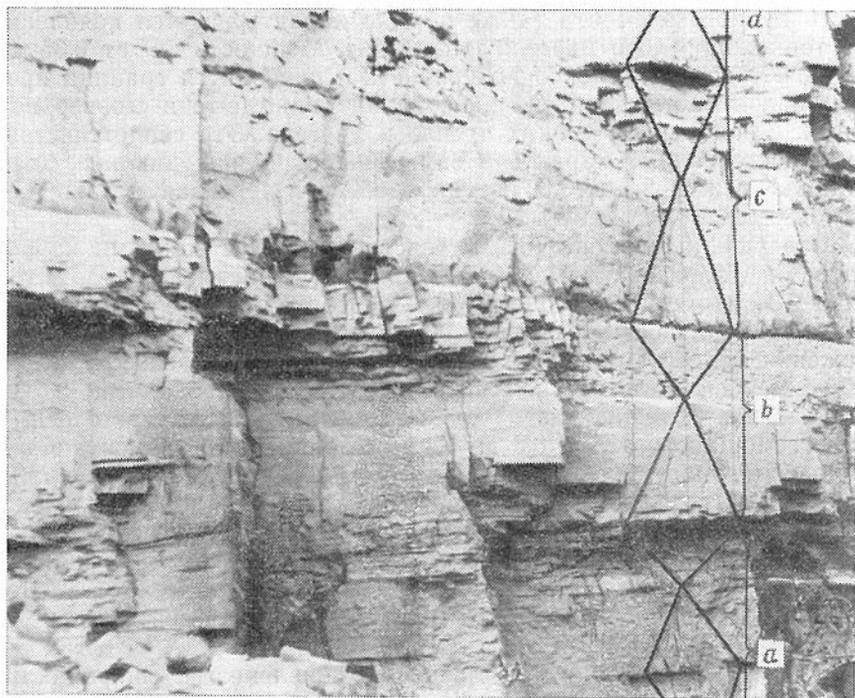


Рис. 5. Элементарные про-рециклиты (а, b, c, d) мотской серин с коэффициентом прогрессивности более 50 % (обнажение на р. Урик)

когда обе части равны. Такие циклиты редки и по литологическому составу и облику явно тяготеют к первому типу.

Первый подтип ЭЛЦ. Обобщенная идеализированная модель про-рециклита первого подтипа может быть представлена в следующем виде. Нижний элемент (1 Э) — известковистые или доломитистые песчаники чаще всего серого, темно-серого цвета, разномзернистые. Обычно хорошо видно уменьшение зерна от подошвы к кровле слоя. Мощность от 3 до 40 см. Нижняя граница, как правило, резкая, волнистая, иногда карманообразная. Нередко видны эрозионные врезы (до 40 см) с почти полным срезанием самого верхнего элемента нижележащего ЭЛЦ. По разрезу отчетливо наблюдается колебание мощности 1 Э, которая то увеличивается, то уменьшается до полного исчезновения элемента.

2 Э — доломит светло-серый, обычно массивный или сравнительно толстоплитчатый. При описании для краткости мы его называли «доломит-монолит». В нижней части видна примесь песчаного и алевроитового материала. При отсутствии 1 Э во втором элементе нижние 5—7 см заметно опесчанены. Нередко примесь терригенного материала присутствует в нижней части 2 Э в виде тонких, миллиметровых прослоев мергеля или глины. Верхняя

часть данного элемента также обычно характеризуется появлением тонких прослоев мергеля или глины. Мощность 2Э от 0,35 до 2,4 м. Несколько условно по кровле 2Э проводится граница прогрессивной части, хотя она явно начинается где-то в его верхней части, с появлением тонких прослоев мергеля. Это свидетельствует о постепенном характере внутренней границы циклита, хотя граница между 2Э и 3Э нередко весьма отчетливая и даже кажется резкой.

Следующий элемент (3Э) представлен более темными карбонатными образованиями — чередованием «чистых» доломитов типа 2Э, мергелистых доломитов и мергелей серых. Размеры прослоев от 1 до 5 см. Этот элемент хорошо выделяется в разрезе обнажения более темной окраской и углублением в рельефе вследствие меньшей плотности. При описании 3Э назван нами «доломит-слоенка», так как чередование прослоев напоминает слоеный пирог. Мощность 3Э от 0,3 до 1,4 м. Слойки этого элемента можно рассматривать как микроциклиты (или субэлементарные циклиты). Так, нижние слои обнажения горы Серой представлены серией рециклитов мощностью от 2 до 5 см. В верхней части — серия из более крупных (до 9 см) ре-проциклитов. Коэффициент прогрессивности здесь имеет регрессивную направленность. Все это дает основание считать 3Э регрессивным элементом про-рециклита.

4Э выделяется иногда условно по появлению в микроциклитах вместо мергелей и глин алевролитов и песчаников, но нередко представляет собой и весьма отчетливый слой алевролитопесчаников. Регрессивная направленность микроциклитов позволяет уверенно относить его к 4Э, а не к 1Э следующего циклита. Мощность этого элемента обычно не превышает 40 см.

Такова принципиальная модель этого подтипа про-рециклитов. Два основных элемента циклита — «доломит-монолит» и «доломит-слоенка» — очень хорошо видны в обнажении, отличаясь друг от друга по цвету и плотности. Последнее находит отражение в чередовании карнизов (навесов) и углублений.

Второй подтип ЭЛЦ. Про-рециклиты второго подтипа отличаются от описанных выше тем, что 3Э и 4Э представлены в них чаще всего глинами, алевролитами и песчаниками красного (бурого, коричневого) цвета. Эта особенность позволяет хорошо видеть эти про-рециклиты издалека. Элементы 1Э и 2Э выделяются в них светлой окраской на фоне темной, красной (3Э+4Э). Мощность 1Э+2Э обычно изменяется от 0,2 до 1,6 м. Мощность 3Э+4Э превышает 5 м.

Коэффициент прогрессивности

Поскольку циклиты выделяются как целостные слоевые системы (парахронолиты) и одним из характерных их свойств является наличие двух основных частей (половин), то направленность в изменении структуры этих основных частей — один из опреде-

ляющих структурных признаков, по которому можно выделить системы следующего ранга. Эта направленность характеризуется коэффициентом прогрессивности K_p — отношением мощности прогрессивной части циклита к его общей мощности (в %). Для наглядности на графике K_p целесообразно провести вертикальную линию, соответствующую значению этого коэффициента 50 %, и соединять с ней как большие, так и меньшие значения K_p .

Анализ изменения K_p в терригенных образованиях. Определить значения K_p для терригенных толщ нижнемотской подсвиты нетрудно, так как элементы циклитов выделяются достаточно отчетливо, группируясь в проциклиты.

В обнажении Шаман-горы для ЭЛЦ нижней части разреза характерны низкие значения K_p . Однако направленность изменения коэффициента вверх по разрезу прогрессивная (рис. 6), т. е. его значения увеличиваются сначала до 50 %, затем достигают некоторого максимума (85 %) и снова резко снижаются (до 28 %). Выше по разрезу, как и в его начале, наблюдается прогрессивная направленность изменения K_p , т. е. приближение его значения к 50 %, а еще выше значения этого коэффициента превышают 50 %.

Такое изменение K_p можно объяснить наличием двух РГЦ: нижнего — прогрессивно-регрессивного без инициальных (нижних) слоевых ассоциаций и верхнего — прогрессивной части второго РГЦ. Финально-регрессивная его часть представлена мощной пачкой доломитов с кварцевыми песчаниками в основании. Это весьма труднодоступный участок обнажения. Выше расположен сильно задернованный участок склона, на отдельных участках которого обнажаются розоватые, серые, красновато-серые песчаники, образующие проциклиты регрессивной направленности. Это дает основание считать данную часть разреза второй, регрессивной половиной следующего (второго) прогрессивно-регрессивного мезоциклита.

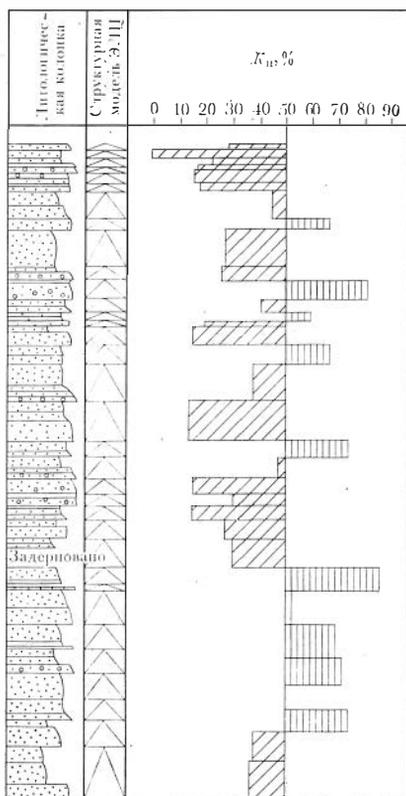


Рис. 6. Структура и изменение коэффициента прогрессивности слоевых ассоциаций шаманской свиты (нижнемотской подсвиты венда) в обнажении Шаман-горы на р. Иркут

В верхней части задернованного участка склона, над границей «иркутской» и «мотской» свит, описано несколько проциклитов прогрессивной направленности, представленных слоями светло-серых песчаников. Вероятно, это начало еще одного (третьего) РГЦ. Плохая обнаженность, задернованность этой части дают право лишь на предположительные высказывания.

Выше — 10-метровая «стенка» доломитов с небольшим слоем брекчий в основании. Эта толща представлена элементарными про-рециклитами, прекрасно обнаженными в разрезе горы Серой на р. Урик.

В разрезе горы Красной на р. Урик, судя по изменению K_n , имеется часть разреза первого РГЦ, выделенного в обнажении Шаман-горы, и нижняя часть второго мезоциклита. Характерно увеличение роли доломитов в самой верхней части разреза обнажения, что согласуется с их наличием в средней части данного РГЦ разреза Шаман-горы.

Из-за неполноты разрезов и трудной доступности самых верхних частей терригенных красноцветных образований как в том, так и в другом обнажении структура слоевых ассоциаций не выяснена до конца, но тем не менее K_n является надежным помощником в их расчленении и корреляции.

Структура РГЦ терригенно-карбонатной толщи

Важнейшим признаком выделения РГЦ является изменение K_n , позволяющее увидеть двуединое строение системы и ее тип. Для про-рециклитов K_n (в %) определялся как отношение прогрессивной (нижней) части к общей мощности ЭЛЦ. Поскольку эти основные части циклита выделялись без труда, определение K_n также не вызывало затруднений.

Практически непрерывный разрез горы Серой (рис. 7) для удобства описания был условно разделен (снизу вверх) на четыре обнажения. Нижние 40—50 м разреза представлены про-рециклитами мощностью от 0,7 до 2 м со значениями K_n более 50 %, местами достигающими 70 %. В верхней части этой толщи отмечается тенденция к уменьшению K_n и приближению его значений к 50 %. Выше, в толще мощностью 35 м, K_n уменьшается до 21 %. Эта часть разреза отличается от нижней и литологическим составом: светло-серые карбонатные породы сменяются красноцветными, преимущественно терригенными, песчано-алевритовыми.

Эти две части разреза с различными по величине и направленности значениями K_n составляют единую целостную слоевую ассоциацию — РГЦ. Общая мощность его, вероятно, не менее 90 м.

В обнажении 2 от слоя 1 и до слоя 78 снова достаточно отчетливо выделяются про-рециклиты, значения K_n которых обычно превышают 50 %, достигая в верхних циклитах 91 %. Это явно прогрессивная половина следующего (четвертого?) РГЦ. Следует отметить, что в этой части разреза мощностью порядка 95 м имеется несколько ЭЛЦ со значениями K_n ниже 50 %. Как объяснить

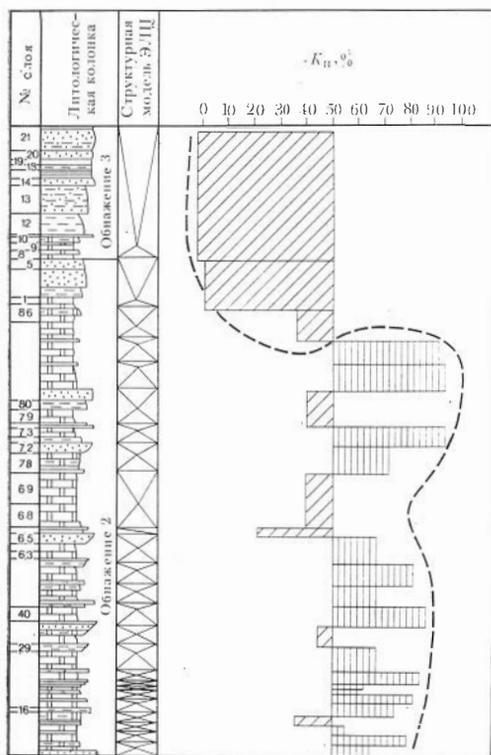


Рис. 7. Структура и изменение коэффициента прогрессивности слоевых ассоциаций терригенно-карбонатной части мотской серии в обнажении горы Серой на р. Урик

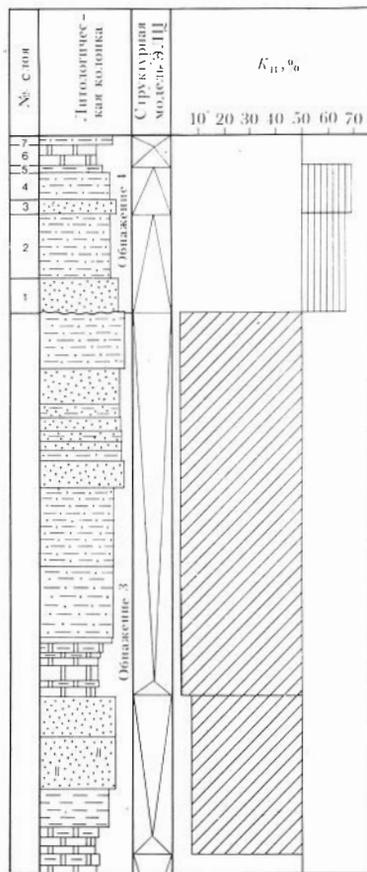


Рис. 8. Смена про-рециклов процикклитами на границе двух региоциклов мотской серии и уссульской (?) свиты в обнажении горы Серой на р. Урик

их появление? Прежде всего необходимо еще раз проверить точность выделения ЭЛЦ в этой части разреза и, если она подтвердится, то, очевидно, следует выделить в прогрессивной части не менее двух СРГЦ. Подобное деление РГЦ очень часто наблюдается в палеогеновых и меловых толщах Ферганы, юрских и триасовых образованиях Енисей-Ленского бассейна.

На графике K_p (см. рис. 7) четко видно, что эти отклонения происходят в «прогрессивном плесе» значений K_p .

С ЭЛЦ, начинающегося слоями 79—80, значения K_p становятся низкими (от 35 до 9 %). Как и в предыдущем случае, со смежной высокими значениями K_p (>50 %) на низкие (<50 %) иными

становятся литология, цвет породы, карбонатность, плотность и т. д. Белые, светло-серые и желтоватые доломиты прогрессивной половины сменяются красными алевролитами и песчаниками с прослоями гравелитов и мелкой галькой в верхних частях разреза. Эти образования по принятым правилам СА ПА уверенно относятся к регрессивной половине описываемого РГЦ. Мощность этой половины 47 м, а общая мощность данного РГЦ 142 м.

Выше по разрезу резко меняются тип ЭЛЦ и грубость зерна песчаников (рис. 8).

В обнажении 4 без какого-либо перерыва в наблюдении в объеме слоев 1—5 выделяются два проциклита мощностью соответственно 3,8 и 1,7 м, слои которых представлены в отличие от нижележащих красноцветных пород зеленовато-серыми среднезернистыми песчаниками, а в верхней части — мелкозернистыми песчаниками и алевролитами. Коэффициент прогрессивности превышает 50 % и увеличивается от нижнего ЭЛЦ к верхнему от 65 до 71 %. Выше залегает толща серых доломитов, характерной особенностью которых является наличие брекчий. Эта часть разреза представляет собой серию про-рециклитов, K_p возрастает снизу вверх до 91 %. Нет сомнения, что это нижняя, прогрессивная часть еще одного (пятого?) РГЦ. Нами описано около 30 м. Видимая же мощность доломитов не менее 50 м.

Такова структура слоевых ассоциаций терригенно-карбонатной части разреза горы Серой.

По изменению значений K_p и сопутствующим этому явлению признакам нетрудно выделить и в разрезе терригенно-карбонатной части («иркутской свиты») обнажения Шаман-горы на р. Иркут фрагменты второго РГЦ, почти полностью третий РГЦ и часть четвертого РГЦ. В обнажениях по р. Иркут, ниже пос. Моты, полностью прослеживается четвертый РГЦ.

Опыт изучения мезозойско-кайнозойских разрезов Сибири и Средней Азии позволяет утверждать, что, несмотря на смену в пределах бассейна литологического состава и фациального облика РГЦ, они уверенно прослеживаются на подавляющей его части. Внешние границы РГЦ практически изохронны, за исключением тех случаев, когда происходит размыв, срезание верхней части циклита. Именно поэтому их целесообразно называть региональными циклитами или регоциклитами.

Циклиты верхнемеловых отложений Западного Кавказа

Системно-структурный анализ слоевых ассоциаций разреза геосинклинального типа проводился автором главы совместно с С. Л. Афанасьевым в Новороссийском районе Краснодарского края. Объектом исследования были многокилометровые (более 6 км) флишевые толщи верхнего мела. Коэффициент прогрессивности был определен для ЭЛЦ Андреевского, Анапского, Запад-

но- и Восточно-Озере́йкинско́го, Убыга́йско́го, Шесха́риско́го¹ и других разрезов этого района.

В разрезе на Андреевском перевале (близ Новороссийска) обнажаются преимущественно терригенные буровато-серые образования (песчаники, алевролиты, аргиллиты, в той или иной мере известковистые) ананурской свиты нижнего турона. Обнажение, сравнительно небольшое по высоте и мощности слагающих его отложений, делится на две части. Для нижних 10—15 м характерны значения $K_n < 50\%$ с некоторой тенденцией к уменьшению вверх по разрезу.

Следует заметить, что все ЭЛЦ ананурской свиты, как и других свит верхнего мела, представлены одним структурным типом — проциклитами. Лишь в некоторых местах их можно без достаточной уверенности отнести к ре-проциклитам и про-рециклитам. Напрашивается вывод, что проциклиты — особенность геосинклинального (как карбонатного, так и терригенного) типа разрезов.

На примере мотской серии венда рассмотренных выше разрезов рек Урик и Иркут было показано, что в терригенных толщах доминируют проциклиты, а в карбонатных и терригенно-карбонатных — про-рециклиты. Поскольку карбонатные образования резко преобладают в разрезе венда и значительной части кембрия, то есть основания полагать, что в этом разрезе более развиты и про-рециклиты.

Примерно в средней части разреза обнажения происходит резкая смена значений K_n . Они превышают 50% и имеют явную тенденцию к увеличению. На этом участке разреза наблюдаются небольшой размыв и заметное угловое несогласие. С полным основанием можно считать, что именно здесь проходит граница между ре-проциклитами. Для полной уверенности необходимо исследовать разрез и нижележащих терригенных образований ххотской свиты сеномана, так как не исключена возможность, что это граница СРГЦ.

В ЭЛЦ вышележащей толщи керкетской свиты сохраняется (точнее, продолжается) тенденция увеличения K_n . Его значения в верхней части свиты достигают 70—80%. Разрез становится существенно карбонатным, в нем преобладают известняки. Как-либо затруднений в определении K_n для данных толщ нет. Элементы (части) проциклитов резко выделяются как по составу, так и по цвету. В самой верхней части отложений керкетской и вышележащей натухайской (турон — коньяк) свит тенденция изменения K_n становится противоположной. Значения K_n не превышают здесь 50% и устойчиво снижаются. Во второй (верхней) половине натухайской свиты K_n нередко равен нулю (!).

¹ Названные разрезы исследованы автором лично в 1978—1981 гг. В 1980 г. близ Новороссийска было проведено Всесоюзное совещание по цикличности осадконакопления и закономерностям размещения залежей нефти и газа, во время которого демонстрировались правила и принципы СА на примере Андреевского и Западно-Озере́йкинско́го разрезов.

Следовательно, есть основание отнести образования ананурской и керкетской свит к прогрессивной части РГЦ, а большей части натухайской свиты — к регрессивной его части. Общая мощность РГЦ составляет примерно 500 м. На прогрессивную часть приходится всего 130—150 м.

В верхней части натухайской свиты (примерно верхние 100—150 м) снова происходит смена направленности изменений значений K_p . Они, как правило, превышают 50 % и имеют тенденцию к возрастанию. В вышележащих образованиях гениохской свиты (сантон) K_p возрастает до 80—90 %, а в ряде случаев его значения приближаются к 100 %. Это явно прогрессивная часть еще одного РГЦ — почти чистые известняки (3-й элемент) с очень тонкими прожилками (миллиметры и первые сантиметры) алевролитов (1-й+2-й элементы циклита). Именно они являются наилучшим сырьем для получения высококачественного цемента.

Вышележащие отложения ахиянской свиты кампана в данном разрезе обнажаются фрагментарно. Однако и в них можно проследить смену тенденций изменения значений K_p : они не превышают 50 % и устойчиво снижаются. Ахиянские образования хорошо обнажаются во многих разрезах. Нами они исследовались в Убыгайском, Шесхариском разрезах близ Новороссийска и в Голубой бухте Геленджика. Значения коэффициента прогрессивности явно снижаются снизу вверх по разрезу свиты от 40 до 15 %, а нередко и до нуля. Существенно меняется литология. Основную часть в ЭЛЦ составляют алевролиты, песчаники, мергели, глины, меньшую — известняки. В верхней части свиты известняки (3 Э) нередко отсутствуют ($K_p=0$). Мощность ЭЛЦ в этой свите увеличивается по сравнению с ЭЛЦ гениохской свиты в 2—3 раза и более. Мощность ахиянской свиты составляет примерно 500 м. По всем признакам образования ахиянской свиты являются регрессивной частью РГЦ.

В Убыгайском и Шесхариском разрезах на образованиях ахиянской свиты залегают преимущественно песчаная и песчано-глинистая пенайская пачка беудиновской свиты кампана мощностью до 100—120 м. В ЭЛЦ мощность только 1 Э (песчаников) достигает 50—65 см, а общая мощность составляет 1—1,3 м. Коэффициент прогрессивности циклитов пенайской пачки снижается до 10—5 % и даже до нуля. Судя по всему, это финально-регрессивная часть рассматриваемого РГЦ.

В вышележащих образованиях ахиянской свиты K_p увеличивается, но не превышает 50 % в исследованной части разреза. Верхняя часть ахиянской и мысхакская (верхний кампан) свиты нами не исследовались. В маастрихтско-датской части разреза (лихтеровская, васильевская, снегуревская, навагирская, ананурская и Цице свиты), исследованной в Западно- и Восточно-Озерекинском районах, а также в Анапском разрезе наблюдается устойчивая тенденция уменьшения K_p от 50 до 40 % в лихтеровской свите, от 20 до 15 % в навагирской, от 10 до 5 % в анапской и от 3 % до нуля в Цице. Как и в двух описываемых ниже РГЦ,

снизу вверх меняется литологический состав и в Цице доминируют терригенные породы; увеличивается мощность ЭЛЦ, достигая в Анапском разрезе 1,5—2 м. Общая мощность этих свит превышает 2000 м. Есть основание полагать, что это регрессивная часть кампанско-датского РГЦ. Можно предположить также, что прогрессивная часть этого РГЦ приходится на мысхакскую свиту верхнего кампана мощностью до 400 м.

Таким образом, в верхнем мелу (без сеномана) выделяются три РГЦ.

Приведенные примеры характерных платформенного и геосинклинального типов разреза свидетельствуют об универсальности системно-структурного подхода к исследованию слоевых ассоциаций. Коэффициент прогрессивности — не единственный количественный структурный показатель, с помощью которого можно уверенно выделять слоевые системы, названные РГЦ, но весьма важный и эффективный. Еще раз подчеркнем, что не число ЭЛЦ, не их структурный тип важны для выделения РГЦ, а направленность изменения существенных структурных признаков, в частности K_p . Поэтому отнесение циклита к элементарному или субэлементарному рангу в общем не столь важно при выделении РГЦ. Направленность изменения K_p и у того, и у другого ранга циклитов будет одинакова, различна лишь яркость проявления. Так, в финально-регрессивной части РГЦ (свита Цице или низы бединовской) значения K_p весьма низкие, а у субэлементарных циклитов часто равны нулю.

Существенна еще одна особенность РГЦ — число их в геологических системах. В разрезе триасовых образований Енисей-Ленского мегапрогиба установлено четыре с половиной РГЦ, столько же РГЦ выявлено в юрских толщах того же региона. В неокомских образованиях Западной Сибири также обнаружено четыре с половиной РГЦ. В палеогеновых разрезах Ферганской депрессии установлено три полных РГЦ и начало четвертого [14]. Как уже указывалось выше, в вендских образованиях мотской серии выделяется также четыре с половиной РГЦ.

Исходя из выявленного числа РГЦ в изученных разрезах отдельных регионов, можно полагать, что средняя продолжительность РГЦ — величина более или менее постоянная и составляет 8—11 (± 2 —3) млн. лет. Вопрос о продолжительности РГЦ нуждается в особом рассмотрении. Здесь мы его коснулись лишь в связи с тем, что средняя продолжительность может быть некоторым контролем ранга циклитов.

Безусловно, между ЭЛЦ и РГЦ существует иерархическая цепочка соподчиненных циклитов. Так, С. Л. Афанасьев группу ЭЛЦ в пять-семь циклитов выделяет в «пакет», «пакеты» по ряду признаков, в том числе по K_p , группируются в более сложные циклиты и т. д. Видимо, именно мощные, полные геосинклинальные разрезы в недалеком будущем позволят выявить полную иерархическую цепочку циклитов: от ЭЛЦ до РГЦ и далее.

В платформенных условиях нередко между ЭЛЦ и РГЦ по ряду структурных, вещественных и прочих признаков, выделяются довольно отчетливо циклиты еще одного ранга, названные суб-мезоциклитами. Нередко их бывает до двух-трех в каждой прогрессивной и регрессивной части РГЦ [14]. Наиболее важными с самых различных позиций являются, безусловно, РГЦ. Несмотря на литологические и фациальные изменения, они довольно отчетливо прослеживаются по структурным (K_n и др.) и прочим признакам в пределах всей территории региона. В периферийных районах РГЦ отделены друг от друга региональными перерывами, нередко сопровождающимися размывами нижележащих отложений (верхней части нижнего РГЦ). Таким образом, K_n может быть использован как эффективный инструмент поиска скрытых перерывов в разрезе и определения их ранга.

Наиболее изохронна, как показывают детальные биостратиграфические исследования, внешняя, нижняя граница РГЦ. Внутренняя граница, т. е. граница между основными частями РГЦ, видимо, является не только структурной, но и фациальной, в пространстве она смещается по разрезу (и во времени). Следовательно, важнейшей, главной для структурных, тектонических построений и палеонтологических реконструкций является внешняя, нижняя граница РГЦ. Поэтому безразлично, какие породы считать начинающими и какие заканчивающими циклит.

Например, В. П. Казаринов выделял свои серии-циклы, начиная с появления грубого материала, и заканчивал наиболее тонкими, «зрелыми» породами. Применительно к нашей модели его серия начиналась с середины РГЦ и заканчивалась в середине финально-прогрессивными образованиями. Региональные перерывы в схеме В. П. Казаринова попадали в середину серии. Однако, считая выделенные тела «природными», «естественными», отвечающими всемирным этапам (циклам) седиментации и тектогенеза, он ошибочно ограничивал их перерывами, т. е. предполагал, обуславливал положение перерывов там, где оно наименее вероятно. Рано или поздно региональные перерывы обязательно обнаруживаются и, если они оказываются не там, где «предписаны» теоретической схемой, то ее обоснованность ставится под сомнение.

После рассмотрения правил выделения ЭЛЦ и РГЦ возникает вопрос о выделении по структурным признакам циклитов более крупных рангов. Сколько их? Уверенно можно сказать, что число рангов в осадочной оболочке земной коры ограничено, но определить это число пока трудно. Очевидно, как в микромире на каком-то уровне иерархической лестницы уже неправомерно говорить «состоит из...», так и в макромире где-то есть верхний предел этой лестницы, где-то завершается иерархия систем одного уровня организации материи (например, минерального, породного, надпородного) и начинается иерархия другого, более сложного уровня (или порядка).

Для выделения следующего, более сложного, чем РГЦ, уровня систем слоевых ассоциаций, очевидно можно использовать тот же дедуктивный подход. Регоциклит принимается за «элементарную» систему, а его структурные признаки, свойства, изменяясь (наблюдаясь) во времени, должны «вырисовывать» систему следующего ранга. По аналогии с процедурой выделения РГЦ можно предположить, что отношение одной (прогрессивной) части системы к другой или к общей мощности РГЦ даст тот же K_p , а по его изменению можно выделить систему следующего ранга. Ранее (в 1974 г.) для наименования подобной системы нами использовался термин с термином элементом «мега», позднее (в 1980 г.) — с термином элементом «макро». Как уже отмечалось, термины элементы «мезо», «макро», «мега» и т. д. не являются ориентирующими и поэтому нуждаются в замене.

Для стратиграфического подразделения, состоящего из регостратомов, нами был предложен термин «нексостратом» — связь, союз стратомов. Может быть, и для циклита, эквивалентного нексостратому, использовать термином элемент «нексо»? В таком случае полный термин будет «нексоциклит» (НКЦ).

Какова процедура выделения НКЦ в реальных разрезах? Для демонстрации того, что K_p «работает» и на этом уровне, возьмем наиболее «чистые» примеры и проанализируем значения K_p . В разрезе мезозойских отложений Западной Сибири геологам-нефтяникам хорошо известны образования васюганской свиты келловейско-оксфордского возраста. Нижняя подсвита — мелководно-морские глины, нередко с базальным песчано-алевролитовым пластом Ю₂ — безусловно, прогрессивная (трансгрессивная) часть РГЦ. Верхняя часть — алевролиты, песчаники, аргиллиты алевритистые, углистые (нередко с прослоями угля) пласта Ю₁. Между этими образованиями и вышележащими отложениями гергиевской свиты в ряде разрезов нами наблюдались перерывы и разрывы. Коэффициент прогрессивности в различных разрезах составляет от 50 до 80 %. Следовательно, есть основание считать, что васюганский РГЦ находится в прогрессивной части НКЦ. В мезозойском разрезе того же региона уверенно выделяются РГЦ в составе меловых отложений в следующих объемах (снизу вверх):

сармановская глинистая пачка (валанжин) + группа продуктивных пластов (и глинистых пачек между ними) от Б₇ до Б₁ мегионской свиты;

пимская глинистая пачка (готерив) + группа песчаных продуктивных пластов (и глинистых пачек между ними) А (исключая А₁);

кошайская свита (вместе с пластом А₁) апта + викуловская свита (апт — нижний альб);

ханты-мансийская (средний + верхний альб) + уватская (сеноман) свиты.

Четыре названных РГЦ являются прогрессивно-регрессивными. Нижняя, прогрессивная часть, как правило, представлена гли-

нами (сармановская и пимская пачки, кошайская и викуловская свиты) с очень слабо выраженным (маломощным) базальным песчано-алевритовым слоем. Верхняя, регрессивная часть — песчаники, алевриты, чередующиеся с пачками глин. Первые, как известно, являются региональными экранами, вторые — сериями, группами продуктивных пластов, в которых сконцентрированы основные запасы нефти Западной Сибири.

Коэффициент прогрессивности для всех названных РГЦ, меньше 50 %. Необходимо отметить, что это, видимо, особенность структуры РГЦ разрезов гумидного типа литогенеза платформ. Прогрессивные части обычно в 3—4, нередко в 5—7 раз меньше регрессивных, независимо от положения РГЦ в НКЦ. В аридном типе литогенеза соотношение, как правило, обратное: прогрессивная часть либо равна, либо несколько больше (в 1,5—2 раза) регрессивной, т. е. K_p обычно превышает 50 %. Объяснение этому явлению еще предстоит найти, а сейчас важно констатировать факт. Следовательно, представляет интерес не само по себе значение K_p (больше или меньше 50 %), как это было при анализе структуры ЭЛЦ и выделении РГЦ, а характер направленности его изменения. Однако K_p , видимо, должен контролироваться и корректироваться другим структурным признаком — направленным изменением мощностей прогрессивной части РГЦ. Теоретически обосновано и практически доказано, что РГЦ разделяют перерывы и размывы в той или иной части региона. Поэтому значение K_p далеко не всегда отражает истинную структуру РГЦ. При частичном размыве ненарушенной, истинной остается мощность прогрессивной части РГЦ. В таком случае показателем «развития», изменения структуры более крупной системы (НКЦ) будет коэффициент изменения мощностей прогрессивной части циклита ($K_{пм п}$). Он может быть выражен в процентах как отношение мощности прогрессивной части исследуемого циклита (Π_1) к сумме мощностей прогрессивных частей этого и нижележащего РГЦ ($\Pi_1 + \Pi_2$);

$$K_{пм п} = (\Pi_1 / \Pi_1 + \Pi_2) 100\% .$$

Пользуясь коэффициентами K_p и $K_{пм п}$, можно сделать вывод о том, что в первых двух циклитах неоккомского разреза Западной Сибири их значения от валанжинско-готеривского к готеривско-барремскому РГЦ явно уменьшаются.

Противоположная тенденция в изменении значений этих коэффициентов наблюдается от аптско-альбского к альбско-сеноманскому РГЦ. Это дает основание для проведения границы между одним (юрско-неоккомским) и вторым (аптско-неогеновым ?) НКЦ по подошве кошайской (алымской) свиты, включая в верхний НКЦ базальный пласт A_1 . Сказанное подтверждается и наличием перерыва на данном стратиграфическом уровне и размыва серии продуктивных пластов группы А. Именно региональный перерыв и размыв на этом уровне наряду с другими благоприятными обстоятельствами способствовали формированию под кошай-

ским экраном скоплений нефти в Широком Приобье Западной Сибири.

В трех рассмотренных выше РГЦ верхнего мела Юго-Западного Кавказа $K_{\text{нм п}}$ от туронско-коньякского к кампанско-датскому циклиту изменяется примерно от 65 до 72 %. Во всяком случае он выше 50 % и возрастает. Следовательно, верхний мел Кавказа — это прогрессивная часть НКЦ.

В трех верхних РГЦ карбонатной части мотской серии $K_{\text{п}}$ и $K_{\text{нм п}}$ от нижнего к верхнему циклиту устойчиво возрастают.

Сложность исследования НКЦ состоит в том, что даже в платформенных условиях они имеют большие мощности и, как правило, не наблюдаются в одном разрезе полностью.

Представления о структуре НКЦ, составленных с использованием указанных структурных признаков, а также некоторых других, косвенных показателей, являются предварительными и, безусловно, нуждаются в проверке и подтверждении. По существу, целенаправленные исследования НКЦ только начинаются.

В качестве обоснованной гипотезы можно считать важнейшим структурным признаком НКЦ определенное число РГЦ в их составе. На основании исследования вендско-кембрийских, триасовых, юрских, меловых и палеогеновых отложений ряда регионов можно предположить, что НКЦ состоит из девяти РГЦ: четыре с половиной в нижней (прогрессивной) и столько же в верхней (регрессивной) частях. Нередко возникает вопрос: почему четыре с половиной?

По прогрессивной направленности изменения $K_{\text{п}}$ и $K_{\text{нм п}}$ в прогрессивную часть обычно входит пять РГЦ. Прогрессивная часть пятого РГЦ обычно самая мощная (например, в пятом РГЦ мотской серии венда или в кампанско-датском РГЦ Кавказа), но и регрессивная часть обычно увеличена в мощности и четко выражена. С шестого РГЦ наблюдается устойчивый регресс по целому ряду структурных показателей. Следовательно, шестой РГЦ — это явно регрессивная половина НКЦ. Но логично ли, чтобы регрессивная часть начиналась в трансгрессии, а не с предшествовавшей регрессии? Вероятно, нелогично? К тому же регрессивные образования пятого РГЦ литологически и фашиально обычно связаны не с нижележащими, а с вышележащими образованиями. Таковы нижеуольские образования кембрия, соли которых, без сомнения, связаны с общим регрессом и соленосными вышележащими толщами, а не с карбонатами мотской серии. Берриасовые алевроито-глинистые образования алымовской толщи, безусловно, по целому комплексу признаков связаны с неокомскими, а не с юрскими толщами. Регресс же логичней считать начинающимся с регрессивных образований, а не с прогрессивных. Этим и объясняется целое число циклитов в половинах НКЦ.

Если время формирования РГЦ 8—11 ($\pm 2-3$) млн. лет, то время формирования НКЦ в 9 раз больше, т. е. 90—100 млн. лет. Как известно, это половина галактического года.

Назовем более или менее определенно вычлняющиеся НКЦ: вендско-кембрийский (мотско-верхоленский), пермо(?) - триасовый, юрско-неокомский, аптско-неогеновый. Нами совершенно не исследовались ордовикские, силурийские, девонские и каменноугольные отложения. Учитывая наметившуюся закономерность, можно лишь предположить, что нексостратомы объединяют ордовикско-силурийские и девонско-каменноугольные образования. Подчеркнем еще раз, что подавляющее большинство исследованных нами разрезов находится в азиатской части СССР. Поэтому следует пока воздержаться от общих и более широких заключений. Важность полученных выводов, безусловно, требует планомерных комплексных исследований по всем системам различных регионов с использованием системно-структурного аппарата.

Теоретически обосновано и практически доказано, что НКЦ разделяются между собой перерывами в осадконакоплении и порой значительными размывами нижележащих толщ. Размывы могут составлять от долей до нескольких РГЦ. Так, на значительной части территории Ферганского бассейна, вероятнее всего, размыво до трех-четырех РГЦ неокома. В Афгано-Таджикском бассейне эти РГЦ картируются в довольно полном объеме. Полученные в последние годы данные еще раз подтверждают сделанный ранее вывод: чем крупнее цикл, тем значительнее перерыв (и размыв), венчающий его. Зная, сколько РГЦ выпадает из разреза, можно определить время и объем отсутствующих отложений, т. е. более или менее обоснованно подойти к определению длительности перерыва.

Возникает вопрос: какова структура солевой системы следующего ранга? На него можно ответить лишь после достаточно полного и всестороннего изучения НКЦ. В определенной мере очевидно по ряду признаков группировка НКЦ парами, т. е. продолжительностью формирования примерно по 180—200 (± 20) млн. лет.

Для циклов существуют различные названия, как правило, с добавлением терминоэлементов «мега», «гига», «супер» и т. д. В. Е. Хаин, например, просто использует термин «цикл», Л. К. Алексеева — «элементарный цикл», С. Н. Бубнов, Н. Ф. Балуховский, З. А. Саваренский, Ю. П. Селиверстов — «наноцикл», Н. Б. Вассоевич — «мегацикл». Поскольку мы отказываемся от подобных терминоэлементов, считая их слабоориентирующими, целесообразно подобрать новый, более ориентирующий термин. По смыслу он должен либо отражать двоянный характер цикла (два НКЦ), либо указывать на его длительность, возможную связь с галактическим годом, так как 180—200 (± 20) млн. лет — это порядок продолжительности галактического года¹.

¹ В предисловии Н. Б. Вассоевича [5] к тезисам докладов семинара ошибочно указывается (со ссылкой на В. Е. Хаина), что цикл в 150—200 млн. лет отвечает полупериоду обращения Солнечной системы по галактической орбите.

Довольно обстоятельный обзор и анализ расчетов и представлений о длительности галактического года дан Л. В. Фирсовым [32]. Разными авторами продолжительность галактического года определяется в интервале от 165—180 до 200—220 млн. лет. Отмечается возможность ошибки до $\pm 20\%$. Небезынтересно следующее заключение Л. В. Фирсова: на каждый анамалистический галактический год (176 млн. лет) приходится по две глобальные трансгрессии и регрессии (по В. В. Фейрбриджу), т. е. по два НКЦ.

Все это даёт нам основание для предложения новых терминов: «галактический цикл» и «галактический циклит», или сокращенно «галоцикл» и «галоциклит» (ГЛЦ). Можно было бы предложить термин, отражающий двойную структуру цикла, «ди-нексоциклит», однако он громоздкий, хотя и ориентирующий. Поэтому более приемлемым представляется первый термин — «галоциклит» (или еще более краткий — «галциклит»). Оба термино-элемента образованы от греческих терминов («цикл» и «галактика»), что также немаловажно.

Пары НКЦ, или галоциклиты, широко и устойчиво распространены не только на территории СССР, но и вообще в мире, образуя седиментационные чехлы молодых платформ (плит). В пределах этих тектонических элементов они, как правило, отделены от нижележащих образований крупными перерывами в осадконакоплении, значительными размывами (сотни и тысячи метров) ранее образовавшихся толщ, резкими угловыми несогласиями. Такой характер границ между циклитами — один из важных аргументов в пользу объективности объединения именно двух НКЦ и еще одно подтверждение справедливости правила, уже отмечавшегося выше: чем крупнее циклит, тем значительнее венчающий его перерыв. Так, образования юрско-неогенового галоциклита Западно-Сибирской плиты залегают с разрывом и угловым несогласием на каменноугольных, девонских и силурийских толщах «фундамента» плиты. Аналогичная картина наблюдается на Туранской и Скифской платформах, а также в Ферганской межгорной впадине. Перерыв и разрыв между НКЦ, т. е. внутри ГЛЦ, несравненно меньше предюрского («внешнего») перерыва.

Существует довольно распространенная точка зрения, что крупные циклы (типа галактического) в геологической истории имели тенденцию к сокращению (С. Н. Бубнов, В. Е. Хаин и др.). Вероятнее всего, это предположение верно, но для его подтверждения необходимо обоснованно выделить границы (и объемы) НКЦ и галоциклитов по всем системам. Только тогда будет получен достоверный материал об их продолжительности, синхронности (или асинхронности) и можно будет сделать обоснованные выводы о динамике и кинематике их развития. Пока эта кропотливая работа не будет проделана, споры о синхронности и асинхронности крупных трансгрессий, всемирности или локальности их будут беспредметны. Графики трансгрессий и регрессий, построенные по материалам разных времен и народов, также мало

достоверны и информативны, как атлас дорог с указанием расстояний, в одном случае, в локтях, шагах и аршинах, в другом — в футах и милях, не приведенных к единой системе. Подобные «выкладки», выполненные авторитетными исследователями, могут послужить основой для устойчивого длительного заблуждения.

Подведем некоторые итоги. Системно-структурный анализ слоевых ассоциаций позволяет в бесчисленном множестве породно-слоевых сочетаний выделить всего четыре основных структурных типа ассоциаций, являющихся целостными системами, парахронолитами, циклитами. Разработанные правила позволяют однозначно вычленять элементарные циклиты и определять их тип. Это является необходимым (и достаточным) условием для выделения слоевых систем следующих рангов — субрегоциклитов и регоциклитов. Важнейшим ключом такого выделения является коэффициент прогрессивности элементарного циклита. Теоретически обосновано и практически многократно доказано, что регоциклиты отделяются друг от друга региональными перерывами.

Используя K_n и $K_{им\ n}$ от нижнего к верхнему РГЦ определяют направленность изменения структуры следующего ранга циклита — НКЦ. Резкая смена регрессивной направленности на прогрессивную означает конец одной системы и начало (прогресс) другой.

Скорее эмпирически, чем теоретически, устанавливается связь двух НКЦ с образованием слоевого тела следующего ранга — ГЛЦ. Сложив время формирования двух НКЦ, получаем время образования ГЛЦ — 180—200 (± 20) млн. лет.

Следовательно, иерархическая лестница, цепочка слоевых тел систем (парахронолитов, циклитов) выглядит следующим образом: ЭЛЦ → СРГЦ → РГЦ → НКЦ → ГЛЦ → ?

Многие геологи (В. Е. Хаин, Н. Б. Вассоевич и др.) выделяют циклы продолжительностью в 400 млн. лет, т. е. как бы сдвоенные галоциклиты. Однако в настоящее время мы просто не представляем, по какому структурному признаку (свойству) можно было бы выделять такого ранга циклы и циклиты. Выше отмечалось, что галоциклит мезозойско-кайнозойских молодых плит отделен от нижележащего огромным перерывом, размывом и угловым несогласием. Следовательно, к парахронолиту (даже относительно) палеозойские и мезозойско-кайнозойские образования не отнесешь. По признаку связи во времени эти образования объединить, видимо, никак нельзя. Возможно, их удастся объединить в одну систему по другим каким-либо признакам. Однако не исключено, что ГЛЦ — максимально крупный парахронолит, седиментационная система. Но пока это лишь предположение, основанное на ограниченном анализе материала.

На основе «принципа соответствия» нами и были выделены структурно-тектонические подразделения различного ранга, соответствующие циклитам того же ранга (см. рис. 3).

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕРЫВОВ (ПАУЗ), ТЕРМИНОЛОГИЯ. ПРИРОДА ПЕРЕРЫВОВ

Перерывам в седиментации и размывам, фиксируемым в разрезе бассейна, всегда придавалось важное значение, как рубежам геологических событий. Однако до настоящего времени не разработаны ни принципы выделения и прогнозирования, ни классификация перерывов, ни системы терминов. По любому региону можно привести многочисленные примеры бессистемного изображения положения перерывов в разрезе. Ни на одной стратиграфической схеме нет и даже не предусмотрено легендой изображенные ранга перерывов. Как правило, их показывают только в периферийных районах бассейна и иногда в зоне крупных внутренних поднятий. В качестве примера существующего положения можно привести стратиграфическую схему юрско-меловых отложений Западной Сибири. В недавно (1978 г.) принятой схеме стратиграфии вендско-кембрийских отложений Сибирской платформы в объеме двух названных систем также не отражены системы перерывов и размывов.

Приняв в качестве принципа иерархической классификации положение, чем крупнее цикл и циклит, тем значительнее перерыв (и размыв), можно вывести два вполне очевидных следствия: ранг перерыва определяется рангом циклита; положение перерывов в разрезе обусловлено положением границ между циклитами.

Ранг циклита, следует отличать от масштаба размыва. Как будет показано ниже, последний не зависит от ранга перерыва и ранга циклита. Здесь действуют другие связи и причины. В результате смешения понятий «ранг перерыва» (главным образом его длительность) и «масштаб размыва» в один порядок (ранг) нередко попадают перерывы разного ранга. Принимая масштаб размыва за ранг, часто на порядок завышают ранг перерыва.

Как отмечалось выше и показано на схеме (см. рис. 3), наиболее достоверно на основе СА ПА выделяются шесть порядков циклитов и столько же эквивалентных им СТП. Следовательно, с полным основанием можно выделить шесть порядков перерывов. Поскольку принятой в практике тектонических исследований системы терминов нет, возникает необходимость в ее разработке. Представляется, что в данном случае пригоден принцип, который использован выше для образования системы терминов СТП. Поскольку ранг перерыва определяется рангом циклита, желательны, чтобы в наименовании перерыва были использованы терминологические элементы от названия циклита и эквивалентного ему СТП (в возрастающем порядке): «эле», «тем», «субрего», «рего», «некс», «гало». Следовательно, ранговые названия перерывов будут следующими (см. рис. 3): элеперерыв (ЭЛП), темперерыв (ТМП), субрегоперерыв (СРГП), регоперерыв (РГП), нексоперерыв (НКП) и галоперерыв (ГЛП). Эта иерархическая классификация и терминология представляются весьма гибкими. При выявлении

еще каких-либо рангов циклитов и перерывов классификация без труда может быть расширена, а при замене названий циклитов автоматически изменится и название данного ранга перерывов¹. Такая зависимость системы терминов требует осторожности и продуманности при образовании ранговых наименований циклитов.

Элеперерывы (элепаузы) визуально выделяются наиболее трудно, так как масштаб перерыва в данном случае незначителен. Свидетельством перерыва и размыва между ЭЛЦ являются системы трещин усыхания, заполненные материалом вышележащих образований, эрозионные «карманы» сравнительно небольшого масштаба (до нескольких сантиметров), срезания слоев (также, как правило, мощностью в несколько сантиметров) и другие признаки. Все перечисленные признаки хорошо видны в разрезе красноцветных терригенных образований нижнеомской серии венда в обнажении Шаман-горы на р. Иркут. Непосредственно у подножия этого обнажения лежат глыбы красноцветных песчаников и алевролитов с многочисленными трещинами усыхания (шириной до 1—1,5 см), «покрытые» изумрудной хлоритовой пленкой. В самых верхних частях каждого из трех нижних ЭЛЦ того же обнажения наблюдается «срезание» нескольких слоев общей мощностью до 5—10 см. В верхнемеловых карбонатных флишевых толщах на белом известняке четко видна неровная эрозионная поверхность с небольшими (до 2 см) «карманами», выполненными черным, темно-серым алевролитом или песчаником. Такого типа границы ЭЛЦ весьма часто наблюдаются в отложениях натухайской свиты (турон—коньяк), низов ахиянской свиты (кампан) и многих других.

Темперерывы (темпаузы) прекрасно видны в каменноугольных разрезах Донбасса. Песчаники, с которых очень часто начинаются ТМЦ (циклотемы), обычно залегают с размывом на самых различных элементах нижележащего ТМЦ: глинах, известняках и даже углях. Известны случаи полного размыва нижележащего ТМЦ. Многочисленные примеры ТМП можно встретить в работах геологов-угольщиков. Перерывы и размывы отчетливо наблюдаются лишь в периферийных районах бассейна. В центральных областях они либо с трудом опознаются, либо отсутствуют. Это одна из причин, по которой многие геологи-угольщики за начало ТМЦ принимали не песчаники и алевролиты под пластом угля, а кровлю или подошву самого угля. Номиналиты выделялись по принципу удобства. Одни считали удобной кровлю угольного пласта, другие — его подошву, но уголь выдерживался также не по всему бассейну, поэтому третьи за начало номиналита принимали подошву известняка, четвертые — его кровлю, пятые — кров-

¹ Вероятно, следует подумать о замене термина «перерыв» эквивалентным, но на греко-латинской основе. Известный как у нас, так и в зарубежной литературе термин «циклотема» имеет низкий словообразовательный потенциал и ряд других недостатков. Более подходит термин «пауза», которым без труда можно заменить слово «перерыв» в предложенной системе терминов — «элепауза», «темпауза», «регопауза», «нексапауза» и «галопауза».

лю глин над известняками. Тем, что геологи, как правило, «работали» с номиналитами, а не парахронолитами, циклитами, в первую очередь объясняется отсутствие четкой иерархии циклитов, несмотря на более чем полувековую историю интенсивного изучения Донбасса.

Регоперерывы (регопаузы) часто проявляются очень ярко как в геосинклинальных, так и в платформенных разрезах. Перерывы этого ранга (как мезоперерывы) рассматривались Ю. Н. Каро-годиным в 1980 г. в разрезе мел-палеогеновых отложений Ферганской депрессии. Более детально РГП палеогена были описаны позднее [14]. Опыт показал, что ни одна граница, ни один перерыв внутри РГЦ не выражены морфологически более ярко, чем границы между циклитами этого ранга.

Очень четко РГП выделяется между ладинским и карнийским РГЦ в разрезе триасовых толщ Енисей-Ленского мегапрогиба. От разрезов мыса Цветкова, Ыстаннах-Хочо к разрезу Туара-Хаята сильно сокращается регрессивная часть карнийского РГЦ. В разрезе обнажения Тумул она целиком отсутствует, размыта, «срезана» во время перерыва. На глинах прогрессивной части ладинского РГЦ непосредственно залегают прогрессивные образования следующего, карнийского РГЦ. О перерыве и размыте на этом стратиграфическом уровне свидетельствует сравнительно маломощный (не более 0,3 м) слой конгломерата в основании глин карнийского яруса. Множество менее ярких примеров можно привести по мезозойским разрезам Западной Сибири, Средней Азии, Енисей-Ленского бассейна, Кавказа, вендско-кембрийским толщам Сибирской платформы и другим регионам.

Выявление перерывов этого ранга, возможность прогнозирования стратиграфического положения их в разрезе важны для решения вопросов не только теоретической и прикладной тектоники, но и стратиграфии, а также для выявления закономерностей и условий формирования различных полезных ископаемых. Регоперерывы играют чрезвычайно важную роль в размещении нефти и газа, их концентрации.

Примеры СРГП не приводятся и не рассматриваются в данной работе, так как они не были специальным объектом нашего исследования. Циклиты и перерывы этого ранга выявились в связи с изучением РГЦ и РГП. В настоящее время совершенно очевидно, что им необходимо уделить серьезное внимание, особенно при исследовании геосинклинальных толщ. Как правило, СРГП выражены менее ярко, чем РГП, и намечаются как границы соответствующего ранга циклитов.

Нексоперерывы (нексопаузы). Выше отмечалось, что НКЦ, вероятнее всего, соединяются парами, образуя циклиты следующего ранга — ГЛЦ. Границы НКЦ, совпадающие с границами ГЛЦ, и соответствующие им перерывы выражены, безусловно, весьма ярко. Границы НКЦ, являющиеся внутренними границами ГЛЦ, менее четкие. Это один из существенных доводов в пользу объединения НКЦ. Нами непосредственно изучена только одна

граница между НКЦ, один НКП. Как отмечалось ранее, в разрезах Западной Сибири, Афгано-Таджикского бассейна и Ферганской впадины он приходится примерно¹ на границу баррема и апта. В разрезах всех названных бассейнов аптские образования представлены морскими толщами (с аммонитами), а барремские — континентальными, обычно пестроцветными (вартовская свита Западной Сибири), красноцветными (кызылташская свита Афгано-Таджикского бассейна)².

В присводовых частях таких крупных внутрибассейновых поднятий, как Александровский, Нижневартовский, Сургутский своды Западной Сибири, размыто до пяти—семи продуктивных пластов бывшей вартовской свиты баррема. В периферийных районах размыв, безусловно, более значительный, но он никем не изучался, как практически малоинтересный.

В Афгано-Таджикском бассейне вообще мало кто из исследователей обратил внимание на размыв, так как он проходит внутри (в верхней части) кажущейся единой, однообразной (красной) кызылташской свиты. Мы наблюдали его в разрезах Бабатага как небольшой размыв с некоторым угловым несогласием. Почему этот перерыв, эта граница оказались незамеченными? Многие геологи полагают, что один крупный циклит заканчивается здесь мощной толщей солей (в лучшем случае включают в него лишь нижнюю часть надсолевых красноцветов), а новый начинается с грубообломочных красноцветов карабильской, альмурадской и кызылташской свит. Поэтому перерыв искали и «находили» в основании красноцветной толщи или внутри нее.

На основании СА ПА можно совершенно однозначно утверждать, что почти вся (за исключением самых верхов кызылташской свиты) красноцветная серия из трех названных свит является финально-регрессивной серией юрско-мелового НКЦ. Перерывы и размывы внутри нее — это перерывы и размывы между РГЦ. На причинах яркого проявления регоперерывов в определенных частях НКЦ остановимся ниже.

В Ферганском бассейне вследствие перерыва между НКЦ, видимо, размыты мощная толща всего неокома и часть верхнеюрских образований. В районе Исфары, Шураба, Шор-Су, в Гузанском и других разрезах нижнемеловые образования муянской свиты (и более древние) залегают на юрских с явным угловым несогласием.

Галоперерывы (галопазузы) проявляются чрезвычайно ярко. Почти все они выявлены и известны. Как правило, на границе

¹ Как известно, в разрезах названных бассейнов барремская, а в Западной Сибири и аптская фауна не обнаружена.

² Небезинтересно вспомнить, что барремские образования Кавказа, например, в районе Кисловодска, представлены красно-бурными песчаниками (санаторий, построенный на них, так и называется «Красные Камни»), а аптские — серыми, желтоватыми песчаниками с обилием фауны (Кольцо-гора и др. в районе Кисловодска).

ГЛЦ в разрезе отсутствуют отложения от одного-двух ярусов до одной-двух (и более) систем. Так, юрские образования (юрско-неогенового галоциклита) Севера Сибирской платформы в одном случае залегают на маломощных норийских породах верхнего триаса (Оленекские разрезы), в другом — на карнийских и более древних толщах триаса. В районе нижнего течения р. Анабар они ложатся на пермские породы. В пределах Западно-Сибирской (и других молодых плит) равнины эти отложения на большей части территории залегают на различного возраста палеозойских образованиях. Чем больше приходится времени на перерыв, тем более ярко фиксируется угловое несогласие.

В другом примере из изученных нами разрезов ГЛП разделяет мотскую серию венда и нижележащие образования. Здесь так же, как и в предыдущем примере, размыв может иметь весьма различную «амплитуду», поэтому в одном случае мотская толща залегает на кристаллических образованиях (гранитах, гнейсах), а в других — на весьма сходных терригенно-карбонатных породах. Этот перерыв и размыв хорошо фиксируются в разрезах скважин Куюмбинской площади (Красноярского края) и других площадей Камовского свода и прилегающих к нему территорий. Разрезы мотских образований во всех скважинах хорошо коррелируются, и мощности их меняются в соответствии со структурой Камовского свода весьма постепенно. В то же время скоррелировать домотские (рифейские?) доперерывные толщи разрезов даже близко (буквально в нескольких километрах друг от друга) расположенных скважин, как известно, не удастся. Сколько геологов, столько и вариантов корреляции и оценки их возраста — от вендских до среднерифейских.

Явным доказательством предметского перерыва служат крупные каверны, следы процессов карстообразования в подстилающих карбонатных породах. Некоторые геологи не придают существенного значения данному перерыву или вообще игнорируют его (например, Б. С. Соколов, В. В. Хоментовский) на основании сходства микрофоссилий в над- и подперерывных образованиях. А. А. Трофимук и Ю. Н. Карогодин в 1982 г. показали, что это серьезное заблуждение с позиций СА ПА. При анализе различных материалов, в том числе и палеонтологических, в связи с выявленной системой циклитов нами подмечена интересная связь в соотношении развития седиментационных циклов и этапов эволюции биоты. Она состоит в следующем.

Резкие эволюционные изменения в развитии биоты приходится не на начало НКЦ, а на их середину — вторую половину, точнее на пятый-шестой РГЦ. Поэтому различие фауны конца одного и начала другого НКЦ относительно и менее заметно, чем изменения в ее составе во второй части. Там, где размыв между НКЦ и ГЛЦ невелик, незначительно и различие в фауне. По мнению Б. С. Соколова, этим главным образом объясняется отсутствие возможности уверенного проведения границ систем. С позиций СА ПА эти границы следует проводить внутри смежных НКЦ.

Из-за недостатка собственных непосредственных наблюдений можно лишь предположить, что в палеозойских толщах Сибирской платформы ГЛП будут обнаружены примерно на границе кембрия и ордовика, силура и девона¹, карбона и перми. Вероятно, ГЛЦ будут охватывать не один, а несколько бассейнов в пределах какого-то сегмента земной коры. Так, крупный перерыв между силуром и девоном известен не только на Сибирской, но и на Русской платформе. В пределах последней площадь перерыва и размыва, как известно, составляет до 5—6 млн. км². Из разреза выпадают отложения нижнего девона и части верхнего силура.

В заключение необходимо коснуться еще двух вопросов:

о необходимости различия понятий «ранга» и «масштаба» перерывов и наиболее вероятных причинах их смешивания; о месте скрытых перерывов в циклитах.

Ранг перерыва определяется только рангом циклита, масштаб — площадью и мощностью, а также временным интервалом отсутствующих в разрезе отложений. Представляется не совсем правильной рекомендация Ю. А. Косыгина определять длительность перерыва по максимальному времени отсутствия отложений. Причины отсутствия могут быть разные, в том числе «срезание», размыв ранее сформировавшихся толщ, на который ушло значительно меньше времени, чем на образование того же объема пород. По заведомо размытым отложениям и длительности их формирования никак нельзя судить о времени перерыва. О последнем свидетельствуют прежде всего неотложившиеся породы, их возрастной объем.

Нередко ранг и масштаб перерыва совпадают. В принципе, чем крупнее ранг перерыва, тем больше масштаб размыва. Но только в принципе. В конкретных разрезах в зависимости от той или иной геологической обстановки несоответствие может быть значительным и соотношение обратным. Иногда в одном и том же разрезе перерывы одного ранга (например, РГП) имеют различный масштаб. Анализ позволил установить связь масштаба РГП с положением РГЦ в НКЦ. В прогрессивной части НКЦ масштаб перерывов убывает от нижних (между первым и вторым РГЦ) к верхним (между четвертым и пятым РГЦ). В регрессивной половине НКЦ закономерность обратная — масштаб перерывов увеличивается снизу вверх, т. е. от пятого РГП (между пятым и шестым РГЦ) к восьмому. Примером являются РГП палеогеновых отложений Ферганского бассейна, показанные на рис. 9. Отмеченная закономерность подтверждается всем имеющимся у нас материалом. Она хорошо согласуется с тем, что в финально-регрессивную фазу нексоцикла увеличиваются скорости осадконакопления, достигают максимума структуроформирующие движения. Главными причинами этого, видимо, были возрастающая тектони-

¹ Небезынтересно вспомнить, что 11 лет работы комиссии по поискам границы между силуром и девоном закончились соглашением, основанном на принципе удобства.

ческая активность наряду с перекомпенсацией. Намечается тенденция увеличения масштаба РГП от нижнего НКЦ к верхнему в ГЛЦ.

Мы рассмотрели один тип перерывов, связанных с перекомпенсацией, поднятием (действительным или относительным) дна бассейна и размывом, эрозией ранее отложившихся осадков и образовавшихся пород. Разновидность этого типа, видимо,— подводный размыв активно динамическими течениями, временными потоками (в том числе мутьевыми), возникающими и существующими по различным причинам. Примером его могут служить эле-, тем- и другого ранга перерывы в карбонатном флише Кавказа. Перерывы данного типа выделяются визуально, чему, безусловно, способствует знание на основе СА ПА их местоположения.

Однако существует и другой тип перерывов — *скрытые перерывы*. Они обусловлены, видимо, двумя основными причинами: некомпенсированным осадконакоплением и растворением на больших глубинах. Теоретически можно обосновать связь некомпенсированного осадконакопления и обусловленных им скрытых перерывов с финально-прогрессивными фазами РГЦ и, главным образом, НКЦ, характеризующимися самыми низкими скоростями седиментации и максимумом тектонического покоя. Финально-прогрессивные части четвертого-пятого РГЦ в НКЦ можно с уверенностью считать толщами некомпенсированного характера седиментации, местами скрытых перерывов. К их числу можно отнести толщи волжско-берриасовых битуминозных аргиллитов Западной Сибири, сантонских известняков гениохской свиты (и, видимо, маастрихтских известняков мысхакской свиты) верхнего мела Юго-Западного Кавказа, верхов мотской серии венда Сибирской платформы и др. Возможно, что в ряде случаев развитие в разрезе РГЦ является диагностическим признаком наличия скрытых перерывов, т. е. перерыв, пауза в седиментации приходится на отсутствующую прогрессивную часть.

Очень часто при аридном типе литогенеза инициально-регрессивная часть РГЦ и НКЦ бывает представлена гипсами, солями, ангидритами, мощность которых достигает сотен метров. Ярким примером могут служить верхнеюрская (?) гаурдакская толща солей в разрезе Афгано-Таджикского бассейна и ее аналоги в разрезах Скифской и Туранской плит.

Возникает вопрос: что же вместо толщи солей будет накапливаться во время максимального тектонического покоя и минимального поступления терригенного материала с суши при гумидном типе литогенеза? Вероятно, в это время практически никакого осадконакопления происходить не будет или будут формироваться чрезвычайно маломощные образования органогенных илов.

В финально-прогрессивную фазу и, возможно, в начале инициально-регрессивной фазы нексоцикла в глубоководных бассейнах типа геосинклинальных в условиях аридного климата происходит растворение образовавшихся ранее (на многих глубинах) известняков. Следы такого рода перерывов в седиментации четко

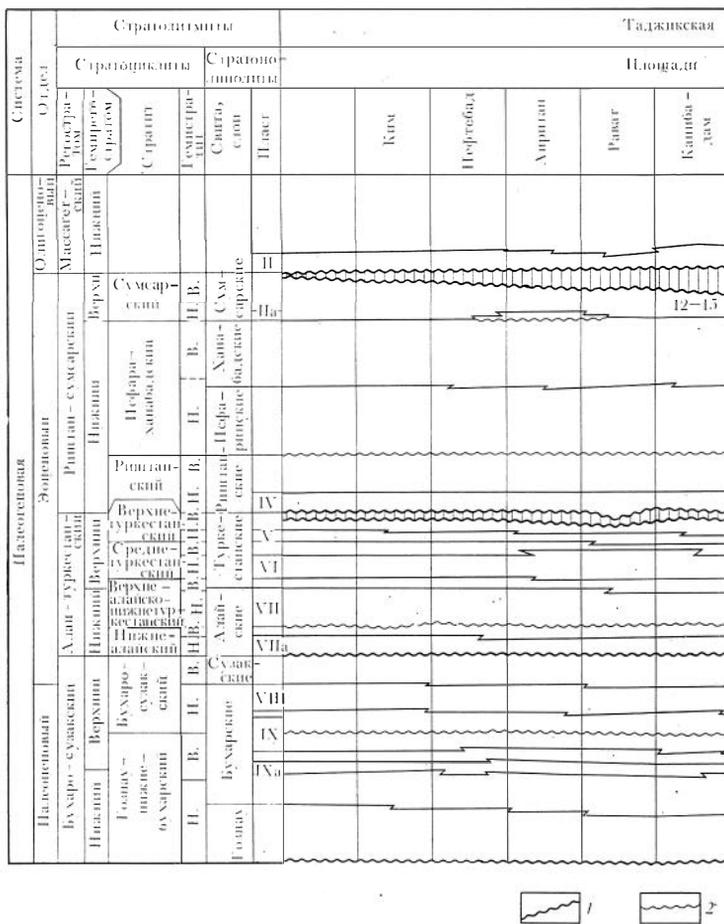


Рис. 9. Региональная стратиграфическая схема палеогеновых отложений юго-запада Ферганской впадины.

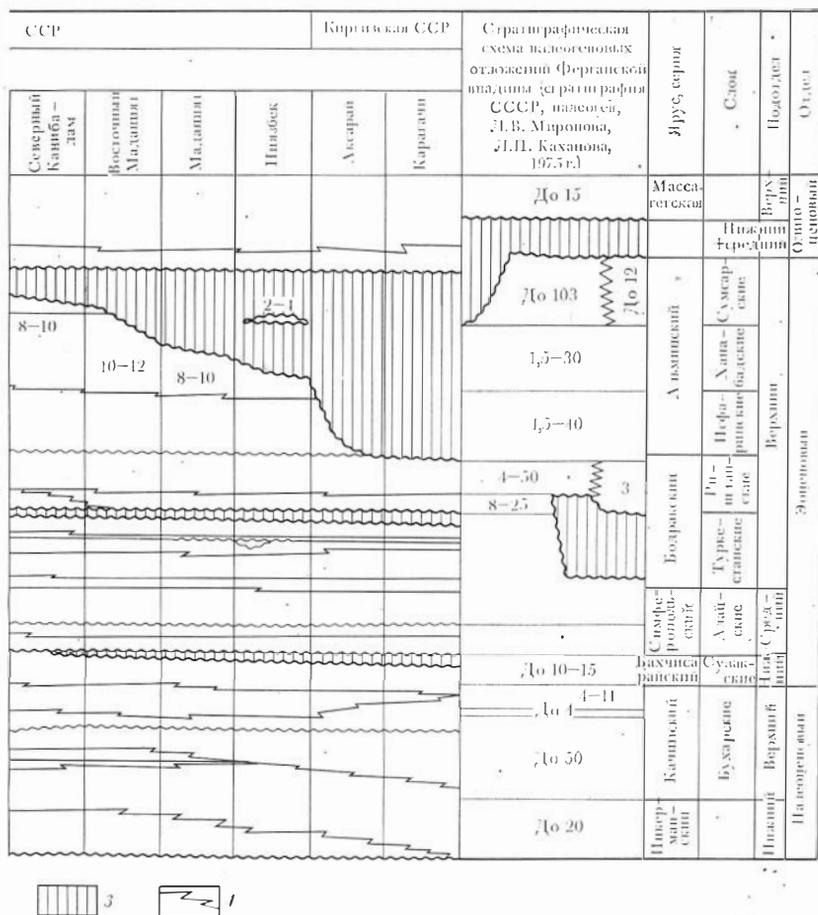
Сокращения на схеме: Н — нижний, В — верхний.

Цифры на схеме — мощность, м.

Границы: 1 — мезоперывов между стратонами, 2 — субмезоперывов между стратонами; 3 — литологические замещения; 4 — размыв отложений

фиксируются в виде тонких (сантиметровых или даже миллиметровых) прослоев голубых, зеленых и зеленовато-серых глин (киллов). Прослойки киллов характерны для верхнемеловых флишевых толщ Юго-Западного Кавказа. Как отмечалось выше, верхнемеловые образования данного региона характеризуют прогрессивную половину НКЦ.

Таким образом, СА ПА может служить хорошей основой систематизации перерывов и размывов, определения их ранга и масштаба, стратиграфического положения и природы, ибо все эти показатели обусловлены циклическим процессом, циклическостью,



квантовостью седиментации. Все это способствует разработке методики прогнозирования перерывов и размывов, а следовательно, и более правильному пониманию геологической истории. По представлению многих исследователей (Д. В. Наливкин и др.), на перерывы приходится более половины времени геологической истории любого бассейна. Думается, что результаты приведенных ими расчетов существенно преувеличены, что связано с несовершенством методики определения скоростей осадконакопления, степенью уплотнения их во времени и т. д. Тем не менее выявление и классификация перерывов играют огромную роль в реставрации геологической истории.

Рассмотренный подход к классификации, оценке перерывов существенно, принципиально отличается от других подходов. Это можно видеть, например, из следующей цитаты: «Нельзя поверхность перерыва определять как границу геологического тела,

так как главное свойство этой поверхности заключается не в том, чтобы быть геологической границей первого или второго рода, а в том, чтобы разделять части осадочной толщи, сформировавшиеся с перерывом во времени»¹. В нашем представлении перерывы как раз и являются границами тел, но только определенного типа, группы — парахронолитов, циклитов. Приведенная выше цитата противоречит данному тем же автором определению геологического тела. Ю. А. Косыгин пишет: «Проведение границ различных типов позволяет выделить в геологическом пространстве геологические тела. Под геологическим телом понимают ограниченную геологической границей часть геологического пространства, внутри которого остаются постоянными или плавно меняются те свойства и характеристики, по которым определены границы этого тела»². Возникает вопрос: а разве перерывы, размыты — не границы? Это наиболее яркие, резкие, важные для восстановления геологической истории границы. Если перерыв — один из видов границ в породно-слоевом геологическом пространстве, то в определении геологического тела, данном Ю. А. Косыгиным с соавторами, термин «граница» можно заменить термином «перерыв». Тогда получим следующее определение: под геологическим телом понимается ограниченная перерывами (одного ранга) часть геологического пространства, внутри которого существуют или плавно меняются те свойства, по которым определяются границы этого тела. Данное определение не менее корректно, чем первое. Принципом, по которому выделяется тело, является связь во времени элементов тела, фиксируемая по любым свойствам, характеризующим эту связь. Эти тела и есть парахронолиты, циклиты, к обоснованию которых Ю. А. Косыгин приблизился вплотную, но почему-то не выделил, не отделил их от тел «формализованного геологического пространства», как он их называет. По существу, понятия геологического тела и формализованного геологического пространства у него совпадают. Ю. Н. Косыгин понимал, что исследование формализованного пространства недостаточно для суждения о процессах геологического прошлого (к которым, в частности, относятся движения земной коры), реконструкции геологической истории и выяснения генезиса геологических образований. Однако выход из этого ему виделся не в выделении и исследовании парахронолитов (циклитов), а в комплексном всестороннем изучении некоего «универсального формализованного геологического пространства» с учетом геологического времени.

¹ Косыгин Ю. А. Слоистая геологическая структура и соотношение структурно-вещественных, генетических и хроностратиграфических характеристик осадочной оболочки Земли. — Геология и геофизика, 1964, № 10, с. 17.

² Косыгин Ю. А. Геологические структуры и структурно-вещественные ассоциации. — Геология и геофизика, 1964, № 7, с. 6.

ВЫБОР ГРАНИЦ ДЛЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И ПАЛЕОСТРУКТУРНЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ

В разрезе любого седиментационного чехла фиксируется множество границ, выделяющихся по литологическим признакам, физическим свойствам и т. д. Всегда привлекают внимание четко, резко выделяющиеся границы и тела. Они-то и берутся геологами для анализа структуры и истории формирования региона. Существует понятие «репер», даже метод корреляции по реперам, однако чаще всего природа и характер границ этих реперов не рассматриваются. Так, в составе мотской серии выделяются и прослеживаются через весь Иркутский амфитеатр реперы M_1 , M_2 и M_3 . В разрезе Западной Сибири также выделяется ряд реперов, например горизонты Н, М, кровля баженовской свиты и др.

Исходя из структуры циклитов, рассмотренной ранее, можно с полным основанием утверждать, что границы тел имеют различные природу и характер, обусловленный их структурным положением в циклите.

Для структурных построений и палеорекопструкций важно выбрать из множества границ наименее «скользящие» во времени, изохронные (хотя бы в рамках метода). Следовательно, прежде всего необходимо разделить по какому-то признаку, основанию все множество границ на *диахронные* и *изохронные*. На основании палеонтологических данных это можно сделать с точностью до биозоны, мощность же отложений биозоны даже в платформенных условиях, не говоря уже о геосинклинальных, может достигать иногда сотен метров.

А как быть с континентальными фанерозойскими и докембрийскими толщами, составляющими, вероятно, не менее 80—90 % общего объема седиментационных покровов? В их составе, как известно, ни ярусы, ни тем более биозоны выделить невозможно. На примере Куюмбинского месторождения в пределах Камовского свода Красноярского края можно видеть, что колебания оценки возраста продуктивных нефтегазоносных отложений традиционными методами составляют примерно 1 млрд. (!) лет. Некоторые исследователи считают эти образования вендскими (Б. С. Соколов, В. В. Хоментовский, В. Ю. Шенфиль, С. М. Якшин и др.), большинство же относит к верхне- и среднерифейским.

Практика геологических работ требует все более дробного членения разреза и корреляции. Так, в угольной геологии уже сейчас важно расчленять разрезы на тела мощностью в несколько метров, а нередко и менее 1 м. Никакого другого способа столь дробного расчленения разрезов, классификации границ и выбора среди них наименее «скользящих», принимаемых за изохронные, кроме СА ПА пока нет. На его основе выделяются парахронолиты, циклиты различного ранга и типа.

В качестве основополагающей аксиомы, основанной на многолетнем опыте и современных представлениях о структуре и природе парахронолитов, циклитов, можно принять следующую:

внешние и внутренние границы циклитов имеют различный стратиграфический характер. Наиболее изохронна нижняя граница. Внутренняя и верхняя внешняя границы циклитов диахронны, скользящи, но природа их скольжения различна. Характер скольжения внутренней границы обусловлен литолого-фациальным составом пород, а верхней — размывом. В центральных областях размыв может отсутствовать, в периферийных же зонах и на активных крупных конседиментационных поднятиях будет максимальным.

Выше приводились примеры ярких, очевидных размывов верхних частей в одном из триасовых (ладинский) РГЦ Енисей-Ленского бассейна, в палеогеновых циклитах Ферганы, готеривско-барремском РГЦ Западной Сибири и др.

Детальные комплексные исследования юрских и триасовых толщ Севера Центральной Сибири, проведенные автором совместно с палеонтологами ИГиГ СО АН СССР и СНИИГГиМСа, свидетельствуют о том, что нижние границы РГЦ практически изохронны (в пределах точности палеонтологического метода). Естественно, что чем ниже ранг циклита, тем меньше скольжение как внешних, так и внутренних границ (в общем случае).

Рассмотренное правило изохронности нижней границы, видимо, нельзя распространять на НКЦ и ГЛЦ. Это ограничение вытекает как из общетеоретических соображений, так и из практики исследований. Нексо- и галоциклиты занимают огромные территории и нет никаких оснований считать, что повсеместно (независимо от местных локальных условий) одновременно началась и в одинаковой мере проявилась «прогрессивная» седиментация. Имеются многочисленные примеры того, что, несмотря на общее погружение бассейна и заполнение его осадками, в различных его зонах, в том числе и во внутренних, существовали архипелаги островов в виде валов и сводовых поднятий. Они постепенно перекрывались осадками. Прогрессивная (трансгрессивная) седиментация предполагает не одновременное, а постепенное увеличение, расширение области седиментации от цикла к циклу. Примеров тому множество. Так, в Западной Сибири большая часть Северо-Сосьвинского свода (гряды), Шаимского выступа и ряда других поднятий Приуралья были полностью покрыты морем (и осадками) только в финально-прогрессивную фазу (кимериджско-волжское время) юрско-неокомского НКЦ. Выше отмечалось, что в Ферганском бассейне в разрезе Гузанской антиклинали аптско-неогеновый НКЦ начинается с отложений не первого (самого нижнего), а второго РГЦ.

На Курумбинском месторождении, занимающем, видимо, наиболее высокую часть Камовского свода (палеоподнятия), разрез вендско-кембрийского НКЦ также начинается с отложений не самого нижнего, а второго РГЦ. На склонах свода и за его пределами (в частности, в разрезе Ванаварского месторождения) присутствуют отложения нижнего РГЦ. Уместно привести следующую аналогию: день (и ночь тоже) не может начинаться од-

новременно на всем земном шаре. Больше того, он не может начинаться одновременно даже на одном меридиане одного полушария и более ограниченных районов. Всем известно, что в горах «поздно» всходит солнце и быстро, резко наступает темнота.

Локальные, региональные условия, конечно, вносят коррективы в общие закономерности. Может быть при анализе на уровне НКЦ и тем более ГЛЦ (один-два РГЦ, два-три яруса) и появится допустимый предел точности, «изохронность».

Таким образом, наиболее пригодны для структурных исследований и палеоструктурных реконструкций внешние нижние границы циклитов.

Примеров возрастного скольжения верхней, «регрессивной» границы РГЦ (регостратома) имеется множество. В том случае, когда хорошо видны в разрезах обнажений элементарные (локальные) циклиты, можно довольно точно определить размытый объем породных слоев, указав число и мощность ЭЛЦ. Рассмотрим один весьма яркий пример подобной границы из практики исследования авторами слоев ассоциаций мезозойских толщ Енисей-Ленского мегапрогиба. В названном бассейне достаточно уверенно выделяются и широко прослеживаются РГЦ в юрских и триасовых толщах. В разрезах триасовых образований особенно четко обособляются ладинский (анизийско?-ладинский) и карнийско-норийский РГЦ. Обоснование выделения и литологическая характеристика этих, так же как и других, РГЦ триаса даны в работах Ю. Н. Карогодина, опубликованных в 1982 г., поэтому приведем лишь самые необходимые сведения о них.

Ладинский (кульдиминский) РГЦ в ряде разрезов (обнажения Туара-Хаята, Стан-Хайа) начинается (снизу) пачкой (станхайанской) алевролитов песчанистых мощностью несколько метров, сменяющихся вверх по разрезу глинами алевритистыми, в нижней части с прослоями алевритов. В разрезе Ыстаннах-Хочо в основании РГЦ пачка (более 8 м) песчаников с конкрециями постепенно сменяется вверх по разрезу пачкой (3 м) переслаивания мелкозернистых песчаников и алевролитов, которая, в свою очередь, замещается толщей алевритистых глин (более 20 м) с многочисленными прослоями спикул губок и включениями фауны. Элементарные циклиты в этой части разреза выражены весьма нечетко, и можно лишь предположить, что они имеют сравнительно небольшую мощность (первые метры) и относятся к прогрессивному типу. По взаимоотношению слоев и пачек можно уверенно считать, что это прогрессивная часть РГЦ. Ранее отмечалось, что стратиграфическое положение станхайанской пачки и место ее в РГЦ недостаточно ясны. Пачка представлена явно континентальными или прибрежно-континентальными песчано-алевролитовыми образованиями без фауны. А. С. Дагис и А. М. Казаков условно отнесли ее к самым верхам анизийского яруса. В таком случае возраст РГЦ будет верхнеанизийско-ладинским. Но у нас

столько же оснований относить эту пачку к ладинскому ярусу, как и к анизийскому. Поэтому условно РГЦ считается ладинским.

Выше последовательность слоев явно меняется. Над глинами залегает слой (2 м) алевролитов с прослоями глин, затем значительная пачка (14 м) песчаников с резкой верхней границей, над которой выделена туусбалыкская свита преимущественно песчаного состава с подчиненными слоями и пачками переслаивания песчаников и алевролитов. В этой пачке четко выделяются три крупных (до 13 м) проциклита с явной регрессивной направленностью в изменении мощностей (9, 9, 13 м). Увеличивается вверх по разрезу от циклита к циклиту мощность нижнего («грубого») элемента (5, 5, 12 м), наряду с уменьшением верхнего («тонкого») от 4 до 1,1 м, т. е. коэффициент прогрессивности явно снижается.

Еще один проциклит, самый верхний, видимо размытый, имеет мощность 5,5 м. О размыве свидетельствуют резкая верхняя его граница и обилие обугленных корней растений (это характерно и для верхнего элемента нижележащего ЭЛЦ) и углистого детрита в породах («кучерявчик»). Последнее является бесспорным доказательством интенсивного развития почвообразовательных процессов.

Совсем иной (морской) характер имеют вышележащие песчаники осипайской свиты с прогрессивной направленностью ЭЛЦ, характеризующие начало следующего РГЦ. Мощность регрессивной части РГЦ в этом разрезе 45 м при общей мощности до 90 м.

В обнажении Туара-Хаята двухметровая станхайанская пачка вверх по разрезу сменяется 25—30-метровой толщей алевролитов глинистых, переходящих в глины алевролитистые, без ярко выраженных ЭЛЦ. Эту часть можно отнести к прогрессивной половине РГЦ. Выше отчетливо выделяются два проциклита мощностью соответственно 2,55 и 3,5 м. Это явно регрессивная, сильно редуцированная, размытая часть РГЦ. Общая его мощность в результате размыва регрессивной части здесь не превышает 40 м, т. е. сокращается более чем в 2 раза по сравнению с предыдущим разрезом.

В обнажении мыса Тумул мощность образований ладинского яруса сокращается до 15,5 м. Регоциклит начинается здесь слоем песчаников с многочисленными окатышами темно-серых аргиллитов, крупных обломков обуглившейся древесины. Характерно, что в основании слоя прослеживается линзовидный прослой (до 0,3 м) конгломерата-галечника. Слой имеет явно прогрессивную структуру и постепенно сменяется алевролитами глинистыми, а еще выше глинами алевролитистыми с многочисленными иглами ежей и включениями фауны. Это нижняя, прогрессивная часть РГЦ, верхняя же полностью размыта. Верхняя граница, как и нижняя, неровноволнистая, очень резкая, так как на глинах залегает слой конгломерата-галечника осипайской свиты. Следует

заметить, что мощности прогрессивной части данного РГЦ в разрезах Туара-Хаята и мыса Тумул примерно одинаковы, при полном отсутствии регрессивной части в разрезе последнего обнажения. Наиболее мощный и полный разрез ладинского РГЦ описан нами в обнажении мыса Цветкова, где общая мощность РГЦ достигает 250 м с превышением верхней (регрессивной) части над нижней (прогрессивной) в 5 раз (рис. 10).

Таким образом, размыв в ладинских образованиях в разрезе мыса Тумул составляет не менее 50—70 м, охватывая большую часть верхнего подъяруса (отложения зоны *Nathorstites tenuis*). Ничего подобного в отношении возрастного скольжения нижней («прогрессивной») границы РГЦ в нашей практике не встречалось.

В заключение заметим, что данный перерыв вне СА ПА обнаружить было бы трудно, так как на глины прогрессивной части одного РГЦ ложатся внешне мало отличающиеся глины другого РГЦ с маломощным (15—30 см) линзообразным инициальным (базальным) слоем. На него можно было и не обратить внимания, считая случайным телом.

Размыты верхние (регрессивные) части и следующих, карнийско-норийского и норийско-ретского (?) РГЦ. Таким образом, подтверждается положение о том, что чем выше в НКЦ располагается РГЦ, тем больше масштаб размыва. Иными словами, чем ближе финиш крупной (некско-) регрессии, тем ярче и значительнее размывы между РГЦ.

Богатейший материал для решения вопросов классификации границ дают современные сейсмические данные, особенно по шельфовым и океаническим зонам, позволяющие непрерывно проследить геологические тела и границы на сотни километров. Эти материалы, проанализированные с позиций СА ПА, без сомнения, в самом ближайшем будущем позволят сделать выводы, требующие пересмотра ряда традиционных представлений на седиментацию, постулатов классической стратиграфии и ряда догм тектоники.

К сожалению, читатель не найдет в следующей главе строгого соблюдения обоснованных выше требований к выбору границ. Это дело будущего. В какой-то мере расхождение между теоретическими обоснованиями и практическими возможностями — явление вполне закономерное и объяснимое. Теория должна опережать практику. Для того чтобы «рассортировать» границы, выбрать из них изохронные разного ранга, необходимо выполнить системно-структурные исследования, расчленить разрез на циклиты разного ранга и «привязать» к ним границы, выявленные по керну, промыслово-геофизическим, сейсморазведочным и другим данным. Наиболее удобным объектом (полигоном) подобных исследований в ближайшее время могут быть разрезы Западной Сибири и Сахалина ввиду сравнительно простого строения, высокого качества сейсморазведочных и промыслово-геофизических данных и не ме-

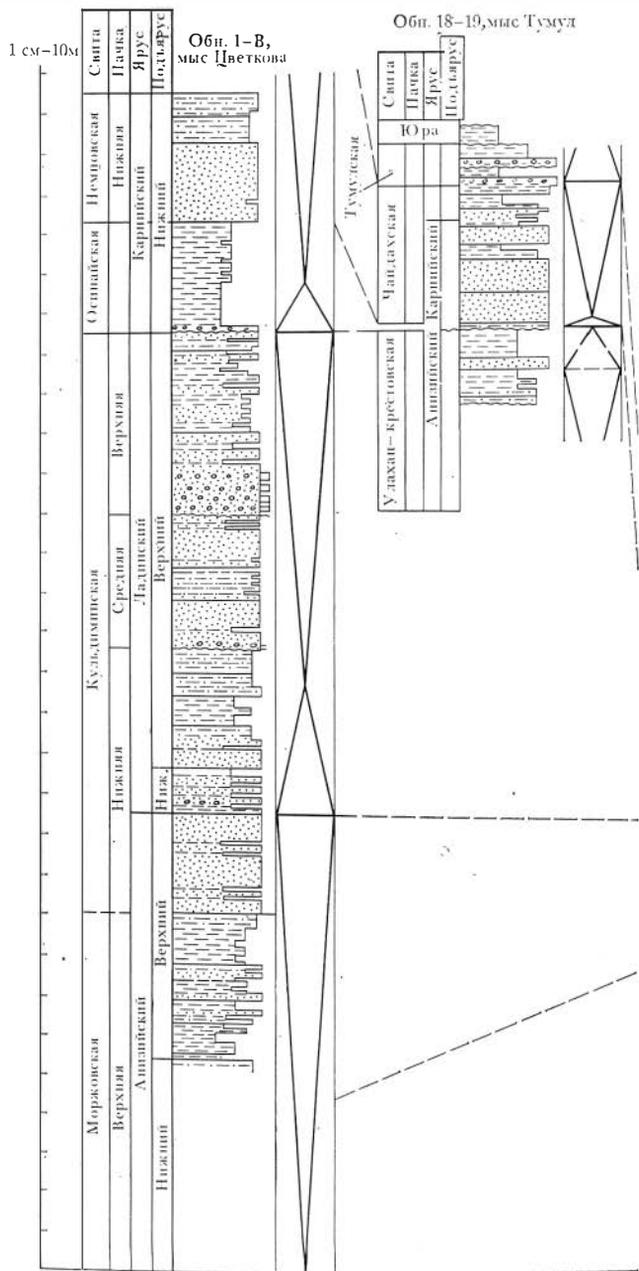
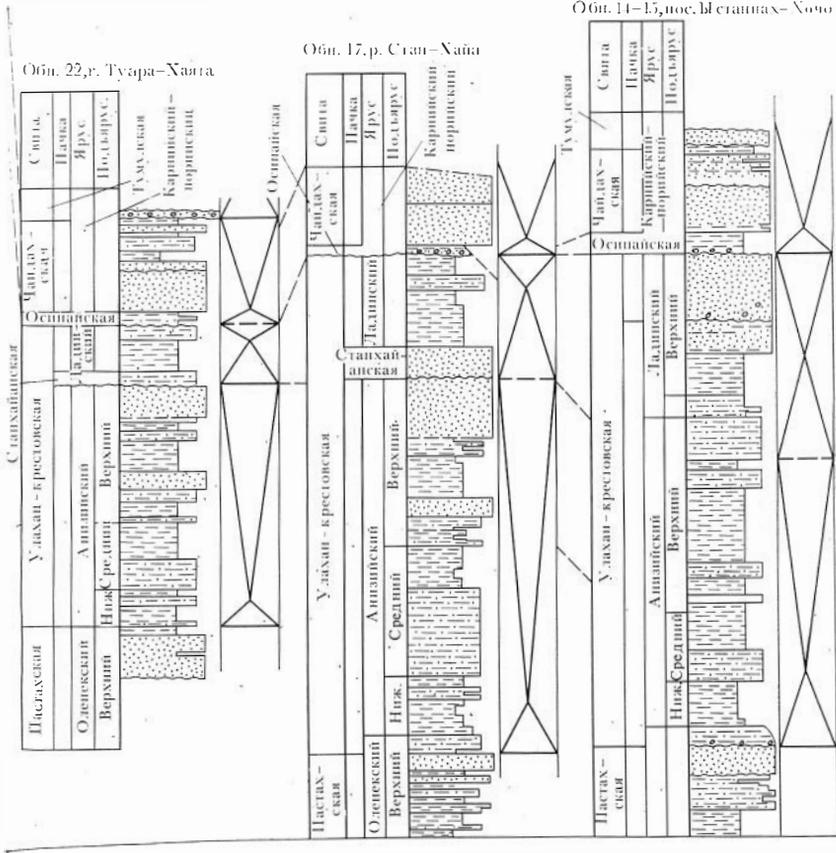


Рис. 10. Схема корреляции регоциклов триасовых отложений Енисей-Ленского мегапрогиба



нее высокого уровня машинной обработки. Отсутствие учета типа класса и природы границ при структурном анализе и палеоструктурных построениях ведет к «выявлению» несуществующих поднятий, несоответствий и перестроек структурных планов, ложным палеореконструкциям и реконструкциям.

Безусловно, в структурном и палеоструктурном анализе можно использовать границы не только циклитов различного ранга, но и любые другие, относительная изохронность которых так или иначе доказана. К числу таких границ относят подошву (или кровлю) слоя пепла, ибо одновременность выпадения пеплового материала на огромной площади даже не одного, а нескольких бассейнов беспорна. Однако практические возможности использования таких границ для целей структурного анализа весьма ограничены, так как наличие выдержанных и опознаваемых пепловых горизонтов — явление довольно редкое. Так, по данным А. В. Вана, А. В. Гольберта, С. Г. Саркисяна и других исследователей, в мезозойских отложениях разреза Западной Сибири имеется вулканический материал, но выдержанные горизонты неиз-

вестны. На огромной территории Сибирской платформы в ряде фанерозойских разрезов, как известно, содержится масса вулканического, в том числе пеплового, материала (особенно в пермотриасовых толщах), но нам ничего не известно об его использовании для целей тектонического анализа.

Очень часто, говоря об изохронных границах, имеют в виду границы биостратиграфических подразделений. Однако их более или менее точно можно провести только в разрезах хорошего естественного обнажения и при соблюдении целого ряда условий. К числу последних прежде всего относится наличие сменяющих друг друга представительных комплексов фауны, которые можно с той или иной точностью разграничить. Если смена произошла в монофациальных, литологически однородных отложениях, то такой разрез в принципе считается идеальным¹. Однако это не столь частое явление в практике стратиграфических работ, если и встречается, то вызывает у геолога серьезные затруднения при прослеживании границы в литологически однородной толще. Исследователь такими границами, как правило, не может воспользоваться, тем более при работе со скважинным материалом, когда данные по керну либо фрагментарны, либо отсутствуют. Чаше всего при выделении и обосновании биостратиграфических границ происходит невольная подмена их литологическими. Стратиграф, обнаружив комплекс фауны в слоях определенного литологического состава и облика, прослеживает их, считая заведомо одновозрастными. В подавляющем большинстве случаев (99 %) палеонтологические остатки «привязываются» к литологическим особенностям пород. Если морфологически выражен перерыв, то с ним обязательно будет совпадать биостратиграфическая граница, хотя подперерывная толща фаунистически может быть не охарактеризована. Срабатывает принцип удобства, который далеко не всегда ведет к истине. Биостратиграфические границы необходимо соотносить («привязывать») с границами циклитов. Совпадение границ свит, серий и других литостратиграфических подразделений на подавляющем большинстве региональных стратиграфических схем — это фикция. Конкретные причины сложившейся в стратиграфии ситуации также ясны подавляющему большинству геологов и на них нет особой нужды останавливаться. Следует лишь заметить, что развитие знания происходит тогда, когда оно публично освобождается от заблуждений, ошибок и тем более ложных положений.

¹ Смена фауны в монофациальном разрезе — одно из важных условий при выборе стратотипов границ биостратиграфических подразделений.

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ПЛИКАТИВНЫХ ДИСЛОКАЦИЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫХ ГОРИЗОНТОВ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ

Роль пликативных дислокаций (ПД) в формировании и размещении залежей углеводородов общеизвестна. Ими предопределено размещение нефтегазогенерирующих и нефтегазосборных областей и зон в бассейне седиментации, путей миграции, дифференциального улавливания преимущественно нефтяных и газовых углеводородов и т. д. Структурные ловушки были и пока еще остаются главными объектами поиска залежей. Всем этим объясняется повышенный интерес геологов-нефтяников к изучению ПД седиментационных бассейнов (СБ).

Среди множества задач, возникающих при исследовании ПД, выделяются две наиболее важные. Первая из них — систематика локальных и более крупных поднятий, районирование территории на основе классификации локальных поднятий (ЛП) и выявление связи продуктивности с определенными типами складок. Нередко такие связи весьма отчетливы и их установление позволяет существенно интенсифицировать поиск и ускорить открытие новых месторождений. Однако явные связи обнаруживаются не всегда. Например, в Шаимском, Сургутском, Нижневартовском и других районах Западной Сибири закономерности размещения залежей скрыты более глубоко и связи размещения залежей с ПД более сложные. Подобная ситуация не снижает интереса к изучению ПД, а, наоборот, стимулирует поиск более точных («тонких») методов анализа и подходов к систематике.

Вторая весьма важная в практическом отношении задача при поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений связана с необходимостью получения данных о структуре продуктивного или предполагаемого (прогнозируемого) продуктивного горизонта. Надобность в этом возникает в нескольких ситуациях.

Обнаруженный скважинами продуктивный горизонт находится выше (ниже) отражающего горизонта или между отражающими горизонтами. По данным первых скважин необходимо выявить и с достаточной точностью спрогнозировать структуру по нужному горизонту. Сложнее, когда интересующий нас горизонт расположен значительно глубже самого нижнего отражающего горизонта по данным сейсморазведки. В ряде районов имеются лишь материалы детальных геологосъемочных работ, по которым выявлено поднятие. Данные сейсморазведки отсутствуют либо весьма неоднозначны вследствие различных неблагоприятных условий. Во всех этих случаях возникает задача прогноза структурных планов интересующих горизонтов, в том числе глубокопогруженных, до широкого развертывания дорогостоящих буровых работ.

КРАТКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛИКАТИВНЫХ ДИСЛОКАЦИЙ И ПРОГНОЗА СТРУКТУРЫ ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫХ ГОРИЗОНТОВ

Поскольку практически каждое ЛП, выявленное теми или иными геолого-геофизическими методами, обязательно изучается геологами, существует обширная литература, посвященная описанию ЛП и методам их исследования. Не претендуя на исчерпывающую полноту рассмотрения вопросов, связанных с методикой изучения ПД, в том числе локальных и более крупных поднятий, считаем целесообразным объединить существующие подходы и общие для них цели в три группы и кратко их охарактеризовать.

Первая группа — методы морфологического анализа. Изучаются длина, ширина, высота, периметр, площадь и различные отношения между ними, отражающие степень удлинения складок, асимметрию крыльев, степень сложности структуры, изометричность и т. д. Одна из широко распространенных в нефтяной геологии классификаций структур основана на величине площади замкнутой (или полужамкнутой) складки и размерах ее осей. Согласно данной классификации, к структурам третьего порядка (локальным) относят складки площадью 300 км² и размерами осей 10×30 км. Для структур второго порядка эти показатели равны соответственно 5600 км² и 30×180 км, для структур первого порядка — 65 000 км² и 100×650 км. Описание и примеры плодотворного использования морфологического подхода приведены в работах В. Е. Хаина, Г. Е. Рябухина, И. И. Нестерова, В. Д. Наливкина, В. С. Лазарева, Д. Л. Казимирова, В. А. Кулакова, Ю. Н. Карогодина и др.

Морфологические признаки (удлиненность, изометричность, асимметричность и т. д.) используют для интерпретации природы складок, их связи с разломами, блоковыми движениями фундамента, горизонтальными перемещениями и т. д. Так, В. Д. Наливкин и В. С. Лазарев при генетической классификации локальных структур в 1965 г. исходили из представления о том, что причины, сформировавшие структуру, обязательно должны запечатлеться в морфологии. Отсюда и важность изучения морфологических признаков. Эти исследователи придавали большое значение следующим параметрам: интенсивности структурообразования, выраженной в виде отношения «пути», пройденного поверхностью, к площади замкнутой складки, удлиненности как отношению длины складки к ее ширине. Если интенсивность структуры велика и степень удлинения значительна, то структура считается приразломной.

Некоторые исследователи при морфологической характеристике используют весьма важный параметр — радиус кривизны, изгиба складок.

Вторая группа — методы ретроспективно-динамического анализа поднятий. На основании главным образом мощностей, с учетом (или без такового) степени уплотнения изучается динамика роста

поднятия, определяется длительность его формирования, выявляются этапы интенсивного (основного) роста. Этот подход рассмотрен в работах В. Д. Наливкина, Ф. Г. Гурари, М. Я. Рудкевича, К. И. Микуленко и др.

Поднятия классифицируют по времени формирования большей части амплитуды (70 % от современной величины) складки по времени их заложения: поднятия раннего заложения — одновременно с началом формирования осадочного чехла или еще раньше, конседиментационные — во время формирования изучаемой толщи, постседиментационные — после формирования осадков нефтегазоносной толщи. Кроме того, ЛП классифицируют по отношению времени их развития к времени развития более крупных структур (валы, своды, впадины, прогибы), осложнением которых они являются. Так, Р. О. Хачатрян и другие исследователи делят ЛП Русской платформы (Камско-Кинельской системы прогибов) на две группы. К первой из них они относят структуры, формирование которых совершается одновременно с развитием сводов, впадин и прогибов, ко второй — структуры, возникшие главным образом после того, как крупные региональные тектонические элементы первого порядка завершили свое геоморфологическое формирование. Районирование по такому принципу оказывается важным при оценке перспектив нефтегазоносности.

Третья группа — методы, направленные на изучение природы, генезиса складок. Эта группа близка ко второй. Для выявления генезиса ЛП используют весь арсенал методов двух первых групп, и кроме того, литолого-фациальный анализ, изучение структуры фундамента, направлений приложения сил и т. д. В этой группе ЛП классифицируют по механизму и условиям образования: структуры погребенного рельефа (останцы), структуры уплотнения, диапировые складки, вертикальных блоковых движений, горизонтальных напряжений, перемещений и смятий и т. д. Примеры такого подхода детально описаны в работах Е. И. Паталаха, Г. Л. Посполова, Д. А. Казмирова, А. В. Вихерта, М. А. Гончарова и др.

Как правило, тот или иной исследователь отдает предпочтение (нередко в зависимости от имеющегося фактического материала и поставленной задачи) тому или иному подходу к изучению и классификации поднятий, в которой обычно имеются элементы и других подходов. Часто систематика, классификация ЛП носит смешанный, комбинированный характер, т. е. производится по признакам различных групп, что находит отражение и в их названии. Так, Р. О. Хачатрян и другие исследователи в 1965 г. при исследовании Русской платформы выделили морфогенетические группы ЛП. Этими и другими исследователями убедительно показано, что в определенных чертах морфологии ЛП отражен их генезис.

За последние 20 лет появились работы, освещающие количественный подход к описанию как морфологии, так и истории формирования поднятий с использованием математического аппарата, современной математической техники и привлечением экспериментального моделирования. Так, М. В. Гзовский [9] при решении тек-

тонических вопросов рассматривает возможность аппроксимации складок линиями первого и второго порядков, а также степенными и тригонометрическими функциями.

А. Б. Вистелнус приводит задачу, которая решается аналитическим методом. Выбирается некоторая область S , на площади которой сделано n наблюдений над величиной z , (x, y) . Значения z зависят от координат x и y . Требуется определить положение изолиний $z(x, y)$. Задача решается нахождением функций в некотором классе функций, наилучшим (в смысле метода наименьших квадратов) образом аппроксимирующей наблюдаемые значения. В качестве класса функций для аппроксимации точек наблюдений $z(x, y)$ А. Б. Вистелнус предлагает подбирать экспоненциальные функции, так как именно они обычно являются решениями дифференциальных уравнений в частных производных, которые, скорее всего, описывают геологические процессы.

М. Д. Белонин и И. М. Жуков также используют аппроксимацию структурных отметок экспоненциальной поверхностью для получения аналитического выражения поверхности.

Одним из новых и быстро развивающихся методов является дискретный метод. Он позволяет представить элементарные пликтивные формы в виде набора признаков, полностью задающего структурные поверхности и их отношения. При этом каждый из признаков представляют в виде числа, что позволяет давать количественную оценку сходства или различия структурных поверхностей. Попытка создания дискретного метода в 1968 г. была принята А. М. Боровиковым и Ч. Б. Борукаевым, а в 1972 г. В. А. Кулындышевым с использованием формальных требований, предъявляемых к описанию любых геологических объектов. При этом для формализованного описания пликтивных дислокаций за основу было взято представление о структурной поверхности, имеющей постепенно, без резких перегибов и разрывов изменяющуюся поверхность, состоящую из элементарных структурных поверхностей. В работе В. А. Кулындышева [20] даны основные положения дискретного метода применительно к описанию структурных форм, пути практического его приложения с многочисленными примерами описания пликтивных дислокаций Иркутского амфитеатра.

Вторая важная задача, связанная с изучением ЛП, как уже отмечалось, направлена на реконструкцию и прогноз структурных планов интересующих нефтяников горизонтов, в том числе глубокозалегающих. При этом по интересующему горизонту информация может полностью отсутствовать или быть фрагментарной (единичные скважины, отдельные сейсмопрофили и т. д.). Очень часто встречается ситуация, когда имеются данные по горизонтантам, залегающим выше и ниже продуктивного. Возникает задача — на основании имеющихся материалов спрогнозировать структуру по продуктивному горизонту. Такова обычная ситуация в Западной Сибири. Одна из основных групп «Б» (отчасти и «А») продуктивных горизонтов неокома расположена между опорными отражающими горизонтантами «Б» (примерно кровля юры) и «Н» (кровля неокома).

В практике геологоразведочных работ известны различные способы построения глубоких горизонтов, базирующиеся на определенной известной информации по интересующему горизонту и данным по другим, более высоким горизонтам. Наиболее распространенным и широко внедрившимся в практику геологоразведочных работ методом является метод схождения, приведенный Н. И. Буяловым в 1957 г., который представляет собой изображение в изолиниях по нормали расстояний между поверхностями двух пластов (или свит). Он требует определенного минимума информации по интересующему горизонту, необходимой для построения схемы (карты) изопакит, отражающей изменение мощностей между этим горизонтом и тем, по которому имеется более полная информация.

Известен способ построения глубоких профилей (по О. А. Рыжкову), учитывающий смещение свода. При этом рассматриваются смещения двух типов: регионального и одностороннего пришарнирного. Для построения профиля необходимы следующие данные: направление регионального изменения мощности отложений; коэффициент нарастания мощности отложений для каждого крыла в отдельности (в случае одностороннего пришарнирного смещения свода); мощность свиты (толщи). Данные получают при детальном инструментальном картировании и (или) бурении. Если мощность свиты установить не удастся, используют метод аналогии.

Для прогноза структуры нижележащего горизонта (свиты) вычисляют коэффициент нарастания мощности ($K_{\text{нм}}$). Он выражает отношение величины нарастания мощности в процентах (M) к расстоянию (P) ($K_{\text{нм}} = M/P$). Например, если $M = 20$, а $P = 500$, то это означает, что через каждые 500 м расстояния по пласту мощность в определяемом направлении увеличивается на 20 %.

Построение профиля для случая одностороннего пришарнирного смещения свода (т. е. когда крылья складки имеют свои $K_{\text{нм}}$) производят аналогичным способом, при этом коэффициент смещения свода определяется бурением.

Однако данная методика построения глубоких геологических профилей реализуется лишь тогда, когда степень нарастания мощности отложений в направлении профиля изменяется равномерно. В природе в реальных условиях подобная ситуация бывает далеко не часто. Анализ недостатков этого подхода дан в работе Д. А. Казимирова и др. Авторы справедливо отмечают, что при использовании данной методики остается неясным, как найти нормальную мощность, если известна вертикальная; как определить $K_{\text{нм}}$, если известны мощности слоя по двум скважинам; как поступать, если мощность вблизи свода неизвестна и т. д.

О. А. Рыжков считает, что в случае пришарнирного закономерного смещения свода для построения подошвы необходимо знать: $K_{\text{нм}}$ каждого из крыльев; коэффициент смещения свода; мощность отложений в случае смещения свода. Такая постановка задачи представляется неправомочной, так как при построении структуры подошвы слоя нужно определить смещение свода, а по О. А. Рыж-

кову, величина этого смещения уже должна быть известна для воссоздания структуры подошвы.

Сотрудниками ВНИГНИ Д. А. Казимировым, Г. А. Каледой, М. Э. Липской и Н. В. Лукиной предложен способ построения глубоких профилей с привлечением экспериментальных исследований, в частности аналогового моделирования. Материал модели они выбирали таким, чтобы он не тек под действием собственной массы и не испытывал нарушения складчатости при изгибе. В опытах соблюдалось геометрическое подобие. Опыты проводились на эквивалентных пластичных материалах. Авторы пришли к заключению, что интересующие их складки (изучались складки Риштанской группы Ферганы) могут формироваться в результате изгиба слоев переменной мощности; пластической деформации слоев в процессе их изгиба; перераспределения наносов на структурах, развивающихся в процессе осадконакопления. Методику построения глубоких геологических профилей названные авторы отработали для неогеново-древнечетвертичных отложений, причем они рассматривали лишь малый изгиб пласта (углы падения не превышали 20°). Авторы исходили из следующих положений. До изгиба слои в кровле неогеново-древнечетвертичных отложений залегали почти горизонтально, подошва ее имела довольно значительный наклон в сторону центра депрессии.

Приемы построения профилей после получения экспериментальных данных основывались на следующих положениях: до и после изгиба нормальные мощности толщи (моласс) изменялись по линейному закону; изгиб толщи, как правило, не сопровождался течением материала под действием собственной массы и резкими местными деформациями и привел к образованию складок с изменяющейся кровлей; разрывные нарушения не внесли существенных изменений в строение складок.

Для построения подошвы толщи необходимо иметь профиль по кровле толщи, построенный с использованием не менее шести точек наблюдений, и знать мощность толщи по вертикали (не менее трех замеров). Кроме этого, измеряют углы искривления толщи (теодолитной съемкой или каким-либо иным способом) от свода складки к крыльям. Затем приблизительно находят угол изменения мощности по формуле $\text{tg} = (H_1 - H_2) / I$, где $H_1 - H_2$ — вертикальная мощность крыльев складки; I — длина кровли складки по профилю. Далее по соответствующей формуле вычисляют истинную мощность и восстанавливают структуру подошвы.

Необходимо отметить, что данный метод применим для изучения структур с небольшими углами падения (до 20°). Модели и расчеты делались применительно к конкретной группе ЛП с глубинами залегания интересующих исследователей горизонтов около 600 м. Эти обстоятельства ограничивают возможности широкого использования метода. Тем не менее это одна из первых работ по моделированию складок (тип малых деформаций), имеющая принципиальное методическое значение.

При описании «концентрических складок» и реконструкции подошвы пласта (по информации об ее кровле) голландский исследователь Л. У. Ситтер впервые воспользовался такими геометрическими характеристиками, как центр кривизны, радиус кривизны антиклиналей и синклиналей. Он высказал мысль, что простая складка зарождается в одной точке, которая позже станет кульминацией складки как в поперечном, так и в продольном сечении. Шарнир такой складки может быть на некотором протяжении горизонтальным, но обычно на краях он погружается. Размер складки определяется общей мощностью слоев, слагающих ее, а также их жесткими, упруго деформируемыми компонентами. Таким образом, некомпонентные слои должны соответствовать предопределенной форме, что и происходит, если не появляются дополнительные напряжения.

Л. У. Ситтер выделял три основные стадии развития наиболее простой предполагаемой формы концентрической складки. Это упрощение не исключает возможности аналогичного подхода к исследованию более сложных форм. Рисуя линии, соединяющие точки на первоначально горизонтальной поверхности и их последовательные положения, получают траектории перемещения этих точек в пространстве. В процессе складчатости обнаруживается, что центры кривизны антиклиналей смещаются вверх, а синклиналей — по горизонтали внутрь структуры. Центр антиклинали при движении вверх перемещается значительно быстрее, чем сами слои, так как радиус кривизны уменьшается. Следовательно, его положение в стратиграфическом разрезе от слоя к слою меняется.

При таком упрощенном представлении о развитии форм концентрической складки (и для синклиналей, и для антиклиналей) центры кривизны всегда соответствуют центрам окружностей в плоском варианте и центру шара для объемного представления развития концентрической складки.

«Зафиксировав» антиклиналь в какой-то момент времени развития концентрической складки, определяют линию пересечения вертикальной плоскостью кровли пласта. В идеальном случае (по Л. У. Ситтеру) эта линия аппроксимируется уравнением окружности. Все центры кривизны для каждой точки такой линии попадают в одну точку — центр окружности с определенным радиусом. Соединив точки линии пересечения вертикальной плоскостью кровли пласта со средним центром кривизны и отложив по полученным линиям равные отрезки, получают кривую, отождествляемую с подошвой пласта.

Таким образом, зная структурную поверхность кровли пласта (толщи), аппроксимируя ее по как можно большему числу разрезов в разных направлениях, можно найти геометрическое расположение точек подошвы пласта (толщи). Применяя для описания концентрических складок геометрические характеристики (радиусы кривизны и т. д.), Л. У. Ситтер, однако, не разработал методики практического применения подобных характеристик в структурной геологии.

Общими условиями использования рассмотренных выше методик построения глубинных геологических профилей являются: определенная степень изученности прогнозируемого (глубинного) горизонта геолого-геофизическими методами; небольшая глубина прогнозных построений (50—400 м или немногим более).

У основной группы исследователей, занимающихся изучением пликативных дислокаций, намечается общий подход к анализу структур и прогнозированию глубинных горизонтов: складки исследуются в евклидовой части пространства, его проективная область при этом не затрагивается.

Рассмотрев основные методики изучения и систематики ПД, особенно положительных поднятий (потенциальных ловушек нефти и газа), и подходы к реконструкции и прогнозу структуры нужных в практическом отношении (потенциально продуктивных) горизонтов, в том числе и глубокопогруженных, перейдем к описанию методики количественного анализа ПД и прогноза структуры горизонтов с исследованием не только евклидовой, но и проективной области пространства.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДЕФОРМИРОВАННОСТИ ОСАДОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Уточнение понятий «поднятие», «локальное поднятие» («локальная структура»), «складка», «деформация», «пликативная деформация»

Как видно из краткого обзора методов, в арсенале геолога-нефтяника — множество разработанных приемов анализа ПД. В большинстве из них прямо или косвенно используются многочисленные морфологические признаки и их сочетания. На основе различного рода классификаций локальных и более крупных поднятий осуществляется районирование бассейнов. Нефтегеологическое районирование опирается на структурное, тектоническое районирование. В принципе оно базируется на качественной или в лучшем случае «полуколичественной» основе. Классификация бассейнов седиментации (в том числе и нефтегазоносных) — это качественная классификация.

Возникает вопрос: нельзя ли важнейшие морфологические параметры деформаций (а они, как отмечают многие исследователи, отражают и генезис складок) выразить количественно, числом, отражающим степень деформированности? При этом желательно иметь достаточно простой аппарат «ручной» или машинной обработки любого массива данных, получаемых как геологическими методами (съёмка, картировочное, структурное или глубокое бурение), так и геофизическими (главным образом сейсморазведка). Важно, чтобы результаты были сравнительно легко воспроизводимы и проверяемы. На этот вопрос положительный ответ позволила дать разработка методики количественного определения степени деформированности слоевых ассоциаций, которая позволила на

строго количественной основе районировать, а в дальнейшем и классифицировать бассейны.

Прежде чем перейти к изложению предлагаемой методики, целесообразно кратко остановиться на определениях некоторых понятий, используемых в работе.

Анализу подвергались локальные и более крупные поднятия. Основным объектом поиска нефтяных залежей до последнего времени были (а в ряде районов остаются и в настоящее время) локальные поднятия или локальные структуры.

Под локальной структурой (ЛС) понимается «разнообразная по форме мелкая тектоническая структура осадочного чехла, в основном положительная»¹. Площадь ЛС, согласно словарю, колеблется от 20 до 200 км², длина от 3 до 20 км, амплитуда от нескольких до первых сотен метров. Данное определение вызывает ряд вопросов. К какому «классу» отнести складку площадью менее 20 км² (например, 18 и 19 км²) и длиной менее 3 км (например, 2,5 км)? В Ферганском бассейне очень часты складки, длина которых не превышает 3 км, но их тоже называют ЛС или ЛП. Неудачно определение ЛС (ЛП) через понятие «тектоническая структура (ТС) осадочного чехла». Само по себе понятие ТС очень широко и неопределенно. Тектонической структурой называют и соотношение элементов в вертикальном разрезе осадочного чехла (этажей, структурных ярусов, подъярусов и т. д.), и дизъюнктивные нарушения, и блоковые структуры, присущие целому ряду осадочных бассейнов, и т. д. Вероятно, ЛП можно определить через более общее (родовое) понятие и его видовое отличие.

Важнейшее отличительное свойство ЛП — его сравнительно небольшие размеры. Совершенно очевидно, что ЛП — номинальный объект исследования, поэтому целесообразно оговорить, ограничить его размеры, масштаб. Удобнее это сделать по верхнему (максимальному) пределу с указанием таких важнейших параметров, как площадь, длина — ширина, высота. С определенной долей условности за максимальные можно принять размеры, предложенные Ленинградским совещанием по классификации платформенных структур (1963 г.). Тогда определение ЛП будет следующим.

Локальное поднятие — это поднятие ограничено малых размеров, максимальной площадью 300 км², длиной от 5 до 40 км, шириной до 10 км и высотой до 400 м. Термин «локальная структура»; широко используемый в нефтяной геологии, представляется неудачным синонимом ЛП, потому, что терминологический элемент «структура» весьма широк и значителен по своему объему. Поднятия делятся на «замкнутые» и «незамкнутые» («полузакмнутые»). Эти понятия не требуют пояснений. У нас в анализе участвовали только замкнутые поднятия.

Поднятие — это складка выпуклостью вверх. Такие складки принято называть положительными. Существует множество определений понятия «складка», большинство которых приведено

¹ Геологический словарь. М., Недра, 1973.

в «Материалах по тектонической терминологии», терминологическом справочнике «Формы геологических тел» и «Геологическом словаре». Наиболее распространены определения, в которых используются два признака: изгиб и слоистость¹. В работах В. В. Белоусова, М. В. Гзовского, А. П. Кропоткина, И. В. Лучицкого, П. М. Бондаренко, Е. И. Паталаха и других исследователей появляется еще один признак — деформация. Во многих определениях «складки» указывается на причины образования изгиба, его форму и др. Нам представляются важнейшими в определении «складки» три признака: деформация, изгиб и слоистость. Исходя из этого можно дать следующее определение.

Складка — форма (вид) пластической (пликативной) деформации слоистых породных образований (слоевых ассоциаций применительно к осадочным образованиям), выражающаяся в их изгибе. Вероятно, слова в определении «слоистых породных образований, выражающихся в их изгибе» можно опустить, так как слоистость является единственным признаком выявления складки, а пластичные, пликативные деформации выражаются только в изгибе. Тогда определение примет следующий вид.

Складка — форма (вид) выражения пликативной деформации. Введя в определение понятие «деформация», необходимо кратко остановиться на нем.

Деформации в «Геологическом словаре» определяются как «изменение формы и объема горных пород отдельных участков земной коры под действием тектонических сил». К этому определению имеется ряд замечаний. Порода — понятие абстрактное, скорее вещественное. Порода — не тело, поэтому она не может менять своей формы и объема. Речь может идти о телах, слоях и слоевых ассоциациях пород и их изменении. В цитированное определение введено генетическое понятие («под действием тектонических сил»). Это означает, что геолог, например, в поле, увидев изменение формы породных слоев (изгиб), прежде чем отнести его к деформациям, должен определить, под действием каких сил это изменение произошло. Возникает вопрос: почему деформации породных образований должны происходить только под действием тектонических сил? В том же «Геологическом словаре» приводится определение «конвективных деформаций», не связанных с тектоникой. Одно определение противоречит другому.

«Деформация», как известно, слово латинского происхождения (от *deformatio* — искажение), означающее изменение первоначальных размеров и формы тела. Нередко подчеркивается, что эти изменения происходят под действием внешних сил. Для более общего определения деформации, видимо, последний признак не должен быть обязательным, ибо наблюдатель, зафиксировав явные изменения формы (и/или размеров) тела, не сможет назвать это деформацией, пока не определит, под действием каких сил (внеш-

¹ Не обязательно осадочных образований.

них или внутренних) они образовались. Кстати, почему изменения под действием внутренних сил не называют деформацией?

Даже если учесть, что в геологии наиболее распространенными (но не исключаящими другие) являются внешние причины, среди которых доминируют тектонические, нельзя сказать, что только они определяют деформацию. С учетом этого можно дать следующее определение.

Деформация — изменение, искажение первоначальных размеров и формы тел под действием каких-либо сил (внешних или внутренних). Деформация породно-слоевых ассоциаций — изменение, искажение первоначальной формы и/или размеров тел этих ассоциаций. Среди основных видов деформаций, как известно, различают изгиб, сжатие, растяжение, сдвиг, кручение. Изгиб — главный предмет нашего исследования при изучении деформаций. Складку можно определить и как изгиб.

Корректность определений понятий, входящих в другие определения, устанавливается путем их подстановки в эти понятия, вместо термина. Попробуем это сделать для понятия «складка», заменив термин «деформация» приведенным выше определением. Складка — это вид (форма) выражения пликативного изменения первоначальной формы и/или размеров тел ПА. Замена вполне адекватная. Таким же образом можно проверить взаимозаменяемость термина и определения в понятии «поднятие». Поднятие — это вид выражения пликативной деформации, характеризующийся выпуклостью «вверх». Можно и «деформацию» в данном определении заменить ее дефиницией, и смысл от этого не изменится.

Степень деформированности слоевых ассоциаций

Из рассмотрения связанных между собой понятий «поднятие» → «складка» → «деформация» становится очевидным, что понятие «деформация» является ключевым в анализе пликативных (равно как и дизъюнктивных) дислокаций. Естественно, возникает вопрос, как, какими параметрами поднятия складки выразить степень деформированности, измененности формы породно-слоевых тел. Степень деформированности отражает ряд морфологических параметров: углы наклона крыльев складки, изменение градиентов углов наклона, в ряде случаев — отношение величины периметра к площади поднятия, высоты к площади и т. д. Нельзя ли найти какой-либо один, обобщенный показатель степени деформированности? При этом важно однозначное его определение по тем материалам, которыми располагают геологи в массовом количестве, возможность повторения и проверки другими геологами.

Как отмечалось выше, деформация — это изменение, искажение первоначальной формы. Оно может быть различным. Один из видов искажений — изгиб, искривление, кривизна. Следовательно, деформированность слоистых толщ можно выразить через степень их изгиба, или искривления, кривизны.

В геометрии кривизна определяется как $K=1/R$, где K — кривизна кривой; R — радиус кривизны. Процедура определения кривизны в принципе элементарно проста и общеизвестна. Задача состоит в том, чтобы значение кривизны получать на геолого-геофизическом материале, т. е. отработав алгоритм выявления кривизны слоистых толщ.

Формы локальных и более крупных поднятий нефтегазоносных бассейнов (НГБ) Западной и Восточной Сибири, а также Ферганской депрессии могут быть сведены к семейству конических сечений, т. е. фигур, ограниченных поверхностями второго порядка. Кривые второго порядка представляют собой результат взаимного пересечения поверхностей того же порядка. Эти кривые, как известно, подразделяются на гиперболы, параболы и эллипсы. Кривизну можно обозначать числом, а следовательно, количественно выразить степень деформированности (данного вида).

Процедура определения степени деформированности складок через кривизну сводится к следующему. Разрез (поперечный или продольный) складки может аппроксимироваться функциями: показательной, степенной, параболической, гиперболической, полиномом n -й степени и т. п. в зависимости от того, какая функция дает максимальное приближение по методу наименьших квадратов.

Плоская кривая может быть задана в одной из следующих аналитических форм:

в декартовых координатах

$$\text{в неявном виде: } F(x, y) = 0; \quad (1)$$

$$\text{в явном виде: } Y = f(x); \quad (2)$$

$$\text{в параметрическом виде: } Y = Y(t); X = X(t); \quad (3)$$

$$\text{в полярных координатах: } \rho = f(\varphi). \quad (4)$$

При задании геологического разреза в форме (1)

$$X_c = X + \frac{F'_x (F_x'^2 + F_y'^2)}{\begin{vmatrix} F''_{xx} & F''_{xy} & F'_x \\ F''_{xy} & F''_{yy} & F'_y \\ F'_x & F'_y & 0 \end{vmatrix}}; \quad Y_c = Y + \frac{F'_y (F_x'^2 + F_y'^2)}{\begin{vmatrix} F''_{xx} & F''_{xy} & F'_x \\ F''_{xy} & F''_{yy} & F'_y \\ F'_x & F'_y & 0 \end{vmatrix}};$$

$$R = \frac{(F_x'^2 + F_y'^2)^{2/3}}{\begin{vmatrix} F''_{xx} & F''_{xy} & F'_x \\ F''_{xy} & F''_{yy} & F'_y \\ F'_x & F'_y & 0 \end{vmatrix}}; \quad K = \frac{\begin{vmatrix} F''_{xx} & F''_{xy} & F'_x \\ F''_{xy} & F''_{yy} & F'_y \\ F'_x & F'_y & 0 \end{vmatrix}}{(F_x'^2 + F_y'^2)^{3/2}}.$$

При задании в форме (3) —

$$X_c = X - \frac{x(x'^2 + y'^2)}{\begin{vmatrix} x' & y' \\ x'' & y'' \end{vmatrix}}; \quad Y = Y + \frac{y'(x'^2 + y'^2)}{\begin{vmatrix} x' & y' \\ x'' & y'' \end{vmatrix}};$$

$$R = \frac{x'^2 + y'^2}{\left| \begin{matrix} x' & y' \\ x'' & y'' \end{matrix} \right|}; \quad K = \frac{\left| \begin{matrix} x' & y' \\ x'' & y'' \end{matrix} \right|}{(x'^2 + y'^2)^{2/3}}.$$

При задании в форме (2) —

$$X_c = X - \frac{dy}{dx} \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]; \quad Y_c = Y + \frac{1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2}{\frac{d^2y}{dx^2}};$$

$$R = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}; \quad K = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2}}.$$

При задании в форме (4) —

$$X_c = \rho \cos \varphi - \frac{(\rho^2 + \rho'^2)(\rho \cos \varphi + \varphi' \sin \varphi)}{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho\rho''};$$

$$Y_c = \rho \sin \varphi - \frac{(\rho^2 + \rho'^2)(\rho \sin \varphi - \rho' \cos \varphi)}{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho\rho''};$$

$$R = \frac{(\rho^2 + \rho'^2)^{3/2}}{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho\rho''}; \quad K = \frac{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho\rho''}{(\rho^2 + \rho'^2)^{3/2}},$$

где $(X_c; Y_c)$ — координаты центров кривизны; R — радиусы кривизны; K — кривизна кривой.

Для сравнительного анализа каких-либо значений обычно удобнее иметь дело не с абсолютными их величинами, а с относительными, удельными, градиентами и т. д. Так, в работах Ю. Н. Каро-година, А. И. Прокопенко, Б. П. Черных показано, что удобнее пользоваться значениями удельной кривизны, а не абсолютными ее величинами. Удельная кривизна L — это средняя кривизна K_{cp} в трехмерном пространстве, деленная на площадь складки S : $L = K_{cp}/S$. Однако, как правило, есть возможность и необходимость получения информации о деформированности различных стратиграфических горизонтов. Эти значения представляют интерес сами по себе, кроме того, важен градиент изменения степени деформированности с глубиной. Она определяется по формуле

$$d_{cp} = \frac{t/m_t}{n},$$

где t — разность значений между величинами (L) в соседних точках; m_t — расстояние между этими точками; n — число разностей в данном интервале.

Изучение большого числа природных складок свидетельствует о том, что величина их удельной кривизны связана обратно пропорциональной зависимостью с проективной площадью под кривой: $S \sim 1/L$; $LS = K'$; $K' = 0,5$, где S — проективная площадь под рассматриваемой парой точек кривой линии; K' — постоянный коэф-

фициент. Следовательно, если удельная кривизна какой-либо складки увеличивается в 2 раза, то проективная площадь под ней уменьшается в 2 раза.

Чтобы определить асимметрию складки, предлагается использовать коэффициент неоднородности искривления кривой линии: $H = K_{\min}/K_{\max}$, где K_{\min} , K_{\max} — кривизна соответственно минимальная и максимальная.

При изучении ПД какого-либо нефтегазоносного бассейна появляется необходимость в сопоставлении отдельных параметров большого числа структур. Неоднородность искривления различных структурных элементов можно представить в виде обобщенной геометрической модели. В природе не существует двух полностью идентичных объемных областей. Структура складки, в частности ее кривизну, удельную кривизну, можно рассматривать как пространственное расположение отдельных элементов. Качественно эти геологические элементы могут быть различны. Количественная сторона их неидентична. Пространственно они располагаются также неоднородно. В одном направлении на относительно небольших расстояниях часто наблюдается смена одного параметра другим, тогда как в другом направлении в относительно большем интервале параметр существенно не изменяется. Подобные различия в структуре одной складки и складок между собой можно рассматривать как анизотропию структуры. Эта разновидность является функцией целого ряда переменных: мощности слоистой толщи, геологических свойств пород, времени и скорости нагружения сил и т. д.

Согласно определению Л. И. Четверикова, под анизотропией структуры геологического элемента понимается различная скорость смены составляющих ее (т. е. структуру) геологических элементов по разным направлениям в пространстве. Необязательно, чтобы линии, характеризующие то или иное направление анизотропии в отдельных частях тела, были прямолинейными и параллельными друг к другу. Рассматривая анизотропию складок или внутреннюю структуру отдельной складки, мы обычно сталкиваемся с криволинейной поверхностью, показателями неоднородности искривления которой являются перечисленные виды кривизны. Моделирование анизотропии структуры складки можно проводить с помощью графика анизотропии искривления поверхностей, который образует некоторую воображаемую вспомогательную поверхность. График имеет вид эллипсоида, совмещенного с окружностью. Результаты измерений (в определенном масштабе) удельной кривизны, конусности складки, регионального уклона слоистой толщи характеризуют форму и пространственное положение графика и весьма характерны для различных сред и точек пространства. В результате получается некоторая обобщенная геометрическая модель анизотропии искривленности структурной поверхности складки. Радиус-вектор окружности соответствует значению $L/2$ (рис. 11). Радиус-вектор, откладываемый в направлении большей оси эллипсоида, для кривых, аппроксимированных гиперболой, равен значению удельной кривизны минимального радиуса; аппроксимированных эл-

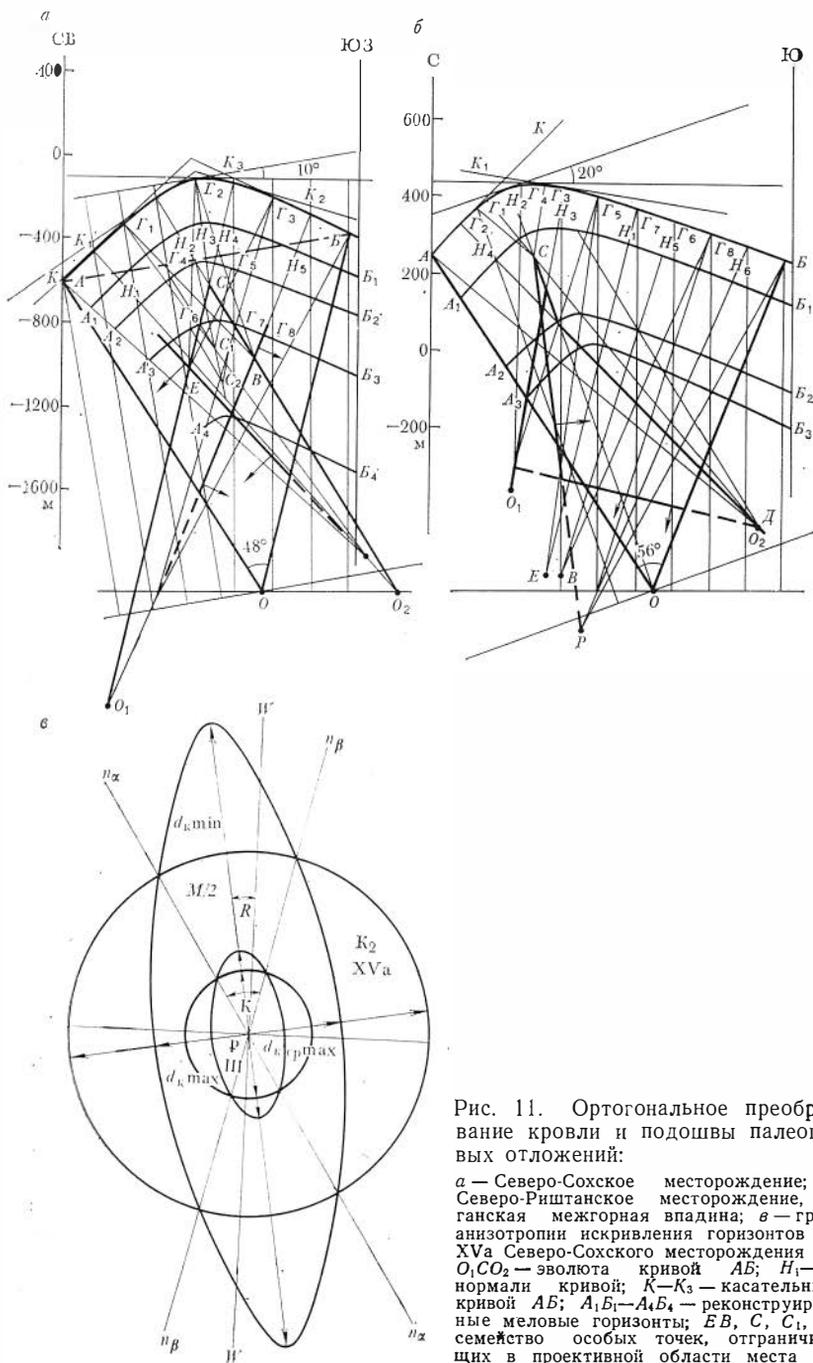


Рис. 11. Ортогональное преобразование кровли и подошвы палеогеновых отложений:

a — Северо-Сухое месторождение; *б* — Северо-Риштанское месторождение, Ферганская межгорная впадина; *в* — график анизотропии искривления горизонтов III и XVa Северо-Сухого месторождения O_1, CO_2 — эволюта кривой AB ; H_1-H_5 — нормали кривой; $K-K_3$ — касательные к кривой AB ; $A_1B_1-A_4B_4$ — реконструированные меловые горизонты; EB, C, C_1, C_2 — семейство особых точек, ограничивающих в проективной области места вероятного разрыва.

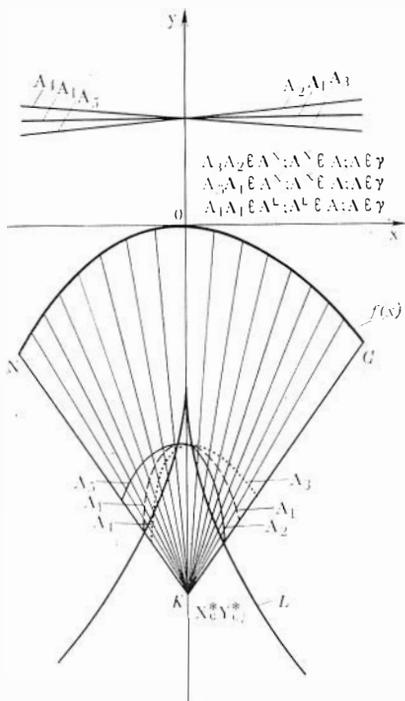


Рис. 12. Варианты ортогональных преобразований кривой NC при различных функциях распределения мощности (при данной группе преобразований).
 L — эволюта кривой NC

липсом (коробчатый тип складки) — значению средней удельной кривизны минимальных радиусов. В направлении малой оси радиус-вектор соответствует среднему статистическому значению удельной кривизны максимальных радиусов. Оси n_x и n_z образуют угол k , равный конусности складки в проективной области. Ось W соответствует широте. Для наглядности она изображена в вертикальном направлении, как относительно этой оси и касательной минимального радиуса кривизны измеряется угол смещения наибольшего перегиба складки, что имеет важное значение для предсказания величины смещения свода. Угол R отражает региональный уклон слоистой толщи. Если он равен 0° , то ось W совпадает с большой осью эллипсоида. В результате оси эллипсоида показывают направление анизотропии искривления структурных поверхностей; характер ее обуславливается формой, размером эллипсоида и окружности; определенной же конфигурации анизотропии соответствует конкретное значение угла конусности складки.

Возможность практического использования графика анизотропии показана на примере Северо-Сохской складки Ферганской впадины. Эта антиклиналь имеет четкую контрастную кривизну в поперечном сечении и хорошо изучена буровыми работами.

На рис. 11 показан график анизотропии искривленных горизонтов Северо-Сохского месторождения (юго-запад Ферганской впадины). Отражены два горизонта (III палеогеновый и XVa верхнемеловой). Возникшие структурные формы характеризуются общим простиранием. Отмечается смещение свода в направлении от молодых к более древним горизонтам, причем величина смещения зависит от угла R . Анизотропия параметров удельной кривизны у сравниваемых поверхностей, аппроксимированных гиперболой, различна. Наибольшая искривленность отмечается для верхнемелового горизонта, причем максимальное значение показывает радиус-вектор в направлении большой оси эллипсоида. На уровне III палеогенового горизонта изгиб происходил, по-видимому, в условиях более равномерного сжатия, поэтому кривая характеризуется

инного размера «графиком анизотропии» и более плавным (относительно осей) контуром эллипсоида. Знак движения (воздымания) оставался постоянным с юрского до неогеново-четвертичного времени, но искривление поверхности претерпевало эволюцию.

ПРОГНОЗ И РЕКОНСТРУКЦИЯ СТРУКТУРНЫХ ПЛАНОВ ГОРИЗОНТОВ ЛОКАЛЬНЫХ И БОЛЕЕ КРУПНЫХ ПОДНЯТИЙ

Как уже отмечалось, прогноз и реконструкция (по фрагментарным данным) структурных планов интересующих геологов-нефтяников горизонтов, в том числе глубокопогруженных, являются весьма важными и актуальными задачами. Бурение становится все более и более глубоким, но вместе с тем дорожают поисково-разведочные работы, связанные с глубокозалегающими отложениями. Так, в Западной Сибири перспективы открытия новых нефтяных залежей на севере не без основания связывают с депрессионными зонами. На валах и сводах, как известно, открыты скопления газа. Неразведанными в этих районах остаются осадочные образования мощностью до 6 км и более, находящиеся под юрско-меловыми толщами. Бурение глубоких скважин в условиях Крайнего Севера, безусловно, будет весьма дорогим и трудоемким. В южных и юго-восточных районах этого бассейна в последние годы выявлены промышленные скопления нефти в палеозойских толщах, т. е. под мезозойско-кайнозойским осадочным чехлом. Одна из главных задач при поисках залежей нефти и газа в палеозойских толщах Западной Сибири заключается в разработке методов прогноза, выявлении структуры этих глубокопогруженных толщ.

В Лено-Виллюйской нефтегазоносной провинции бурение также распространяется на все более и более глубокие горизонты.

В Усть-Енисейском районе и прилегающих к нему территориях Енисей-Хатангского прогиба обнаружены залежи нефти в юрско-нижнемеловых (берриасско-валанжинских) образованиях. До этого, как известно, здесь выявлен ряд залежей газа в верхнемеловых отложениях.

В Красноярском крае (Сибирская платформа) на Куюмбинской площади впервые открыта залежь в толще, явно более древнего возраста, чем мотская серия венда. Мотские же образования до последнего времени были главным объектом поиска залежей нефти и газа на Сибирской платформе. Продуктивные отложения Куюмбинского месторождения многие считают рифейскими. Проблема выявления структурных планов для этих образований стоит не менее остро, чем для палеозойских Западной Сибири.

Почти во всех нефтегазоносных бассейнах при изучении сравнительно неглубокозалегающих (до 2500—3000 м) продуктивных горизонтов всегда возникает задача прогноза структурных планов интересующих исследователей (продуктивных или потенциально

продуктивных) горизонтов разреза. Весьма часты случаи, когда продуктивный горизонт находится ниже или выше отражающего сейсмического горизонта, между отражающими горизонтами. Возникает задача прогноза интересующего горизонта по имеющейся информации. Возможны и другие, самые различные варианты, связанные с решением задачи прогноза и реконструкции структурных планов определенных горизонтов.

Рассмотрим один из возможных подходов к решению названной задачи. В практике геологоразведочных работ известны различные способы реконструкции глубинных горизонтов, базирующиеся на определенной информации по интересующему горизонту. Среди них наиболее распространенным и широко внедряющимся в практику геологоразведочных работ, как уже отмечалось, является метод схождения, предложенный Н. И. Буяловым в 1957 г. Известны способы построения глубоких профилей (по О. А. Рыжкову, Д. А. Казмирову и др.). Общим недостатком существующих методов является отсутствие приемов, дающих возможность реконструировать горизонты на глубине 2—5 км и более; для построения же структурных планов локальных поднятий необходимы сравнительно высокая изученность региона буровыми скважинами и наличие определенной информации о структуре изучаемого глубинного горизонта.

Методика реконструкции и прогноза

Основными материалами при реконструкции и прогнозировании структурных планов интересующих горизонтов являются достаточно детальные (обычно 1 : 200 000—1 : 100 000 и более детальные) карты и/или профили по одному или нескольким горизонтам разреза. Они могут быть построены по результатам геологосъемочных, сейсморазведочных работ колонкового или глубокого бурения.

Пересечение вертикальной плоскостью структурной поверхности дает кривую разреза, подвергаемую затем анализу. Эта кривая аппроксимируется в системе прямоугольных координат функцией, подбираемой по максимальному приближению к реальной (методом наименьших квадратов). После этого для аппроксимированной кривой находят координаты центров кривизны, радиусы кривизны и средний радиус, строится эволюта и по линии, соединяющей вершину эволюты с точкой максимального перегиба анализируемой кривой, определяется направление смещения свода складки с глубиной. Для нахождения центра проектирования по линии смещения свода откладывается средний радиус кривизны, затем центр проектирования соединяется с крайними точками анализируемой кривой, в результате чего выделяется проективная область для реконструкции горизонта. Далее находят координаты точек кривой, отождествляющей геологический разрез на глубине, с учетом функции изменения мощности от свода склад-

ки к крыльям. В работах А. И. Прокопенко, Ю. Я. Лыкова дан ряд примеров построения глубинных горизонтов и машинной обработки геолого-геофизической информации.

На рис. 12 показано выделение проективной области с учетом кривизны исходного реального геологического разреза и его построения по способу реконструкции глубинных горизонтов в трех случаях, соответствующих изменению мощности от свода к крыльям складки по типу: $A_1—A_1$; $A_4—A_3$; $A_5—A_2$.

Кривая, отождествляемая с кривой поверхности реального геологического разреза, получается путем пересечения вертикальной плоскостью структурной поверхности. Она аппроксимируется аналитической функцией $Y = \varphi(x)$, где $\varphi(x)$ может быть показательной, параболической, гиперболической, степенной, полиномом n -ой степени и др. Выбирается функция, дающая максимальное приближение по методу наименьших квадратов. Для получения кривой находятся (см. рис. 12)

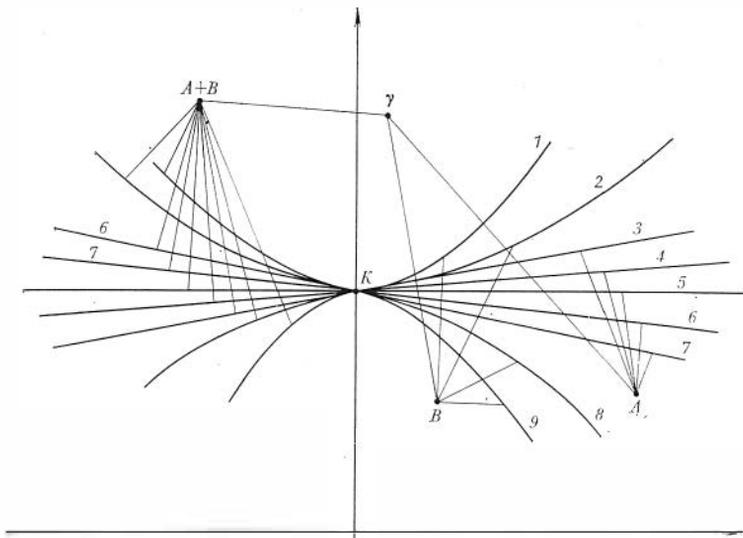
$$X_c = \frac{f'(x) [1 + f'(x)^2]}{f''(x)}; \quad Y_c = \frac{Y + 1 + f(x)}{f''(x)};$$

$$R = \frac{[1 + f(x)^2]^{3/2}}{f''(x)}; \quad R^* = \frac{\sum R}{n},$$

где $[X_c, Y_c]$ — координаты центров кривизны каждой точки кривой; R — радиусы кривизны каждой точки кривой; R^* — средний радиус кривизны.

Затем строится эволюта кривой L , для чего соединяются координаты центров кривизны каждой точки и находится центр проектирования — откладывается средний радиус кривизны по линии, соединяющей вершину эволюты с точкой максимального перегиба анализируемой кривой. Центр проектирования может находиться также определением значения координат центров кривизны по формулам $X_c^* = \sum X_c / n$ и $Y_c^* = \sum Y_c / n$, где $[X_c^*, Y_c^*]$ — координаты центра проектирования; n — число точек кривой.

После этого с использованием найденных параметров определяются координаты точек кривой, с которой отождествляется реконструированный глубинный горизонт, с учетом функции $\varphi(x)$. $Y(x)$ — это функция изменения мощности, учитывать которую необходимо для увеличения точности. Функции $Y(x)$ выбирают из множества функций. На рис. 13 показан набор функций изменения мощностей, который применяется в способе прогнозирования и реконструкции глубинных горизонтов. Для каждой геологической провинции имеется свой ряд функций изменения мощностей. Учет этого момента важен при выборе функций изменения мощностей для прогнозирования горизонтов. После выбора функции изменения мощности находятся координаты точек кривой, с которой отождествляется форма реконструируемого глубинного гори-



γ_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1

γ_m	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

γ_n	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
A_2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
A_3	1	1	1	1	1	0	0	0	0
A_4	1	1	1	1	1	0	0	0	0
A_5	1	1	1	1	1	0	0	0	0
B_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

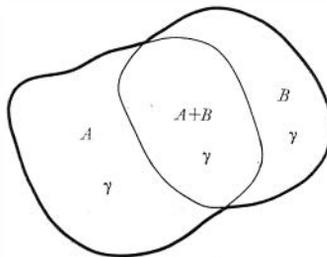


Рис. 13. Множество функций изменения мощности.

Функции изменения мощно-

сти:

$$1 - h = \varphi(x) = B_4;$$

$$2 - h = \varphi_1(x) = B_3;$$

$$3 - h = kx + b = A_3;$$

$$4 - h = k_1x + b = A_2;$$

$$5 - h = b = A_1;$$

$$6 - h = -kx + b = A_5;$$

$$7 - h = -k_1x + b = A_4;$$

$$8 - h = \varphi_2(x) = B_2;$$

$$9 - h = \varphi_3(x) = B_1;$$

зонта. Для этого используются следующие соотношения (см. рис. 12):

$$Y_c^* = \frac{Y_c \varphi(x) + f(x)r - f(x)\varphi(x)}{r};$$

$$X_c = \frac{Xr - X\varphi(x) + X_c^*\varphi(x)}{r},$$

где $(X_c^*; Y_c^*)$ — координаты точек кривой, отождествляющейся с реальным геологическим разрезом на глубине; r — расстояние между центром проектирования кривой и ее точками; $r = \sqrt{[f(x) - y_c^*]^2 + [X - X_0^*]^2}$; $Y(x)$ — функция изменения мощности; KO — линия смещения свода складки с глубиной; L — эволюта кривой $f(x)$.

Проективная область определяется площадью, заключенной внутри замкнутой ломаной линии, соединяющей центр проектирования с концами анализируемой кривой, отождествляющейся с кривой поверхности исходного геологического разреза.

Принципиальное отличие предлагаемого способа от других заключается в возможности построения (прогноза) структурных планов по глубинным горизонтам в проективной области, включая часть пространства, располагающуюся ниже эволюты (даже за пределами технически доступных для бурения в настоящее время глубин осадочного чехла), до постановки геофизических работ или разведочного бурения; в количественном и качественном описании величины смещения свода поднятия с глубиной, что важно при поисках залежей нефти и газа.

Анализ изменения мощности отложений локальных и более крупных поднятий

При построении глубинных горизонтов локальных и более крупных поднятий важно знать характер изменения мощности от свода к крыльям складки. Все разнообразие этих изменений, которое встречается у структур различного порядка в нефтегазовых бассейнах с различной историей геологического развития, можно выразить функциональной зависимостью.

Пусть γ — множество совокупностей функций изменения мощности на положительном поднятии (см. рис. 12, 13). Под совокупностью функций понимаем две функции, характеризующие изменение мощности от центра положительной структуры к ее крыльям в двух направлениях, отличающихся друг от друга на 180° и имеющие одинаковое значение в точке соприкосновения. K — точка максимума; $A \in \gamma$, где A — подмножество совокупностей функций изменения мощности, все совокупности которого имеют обе функции с линейной зависимостью; $B \in \gamma$, где B — подмножество совокупностей функций изменения мощности, все совокупности которого имеют обе функции с нелинейной зависимостью; $(A + B) \in \gamma$, где $(A + B)$ — подмножество совокупностей функций из-

менения мощности, все совокупности которого имеют элемент A и элемент подмножества $B \in \gamma$; $A^L \in A$, где A^L — класс совокупностей функций изменения мощностей подмножества A , элементы совокупностей которого описываются одним аналитическим выражением; $A^N \in A$, где A^N — класс совокупностей функций изменения мощности подмножества A , элементы совокупностей которого описываются различными аналитическими выражениями; $B^L \in B$, где B^L — класс совокупностей функций изменения мощностей подмножества B , элементы совокупностей которого описываются одним аналитическим выражением; $B^N \in B$, где B^N — класс совокупностей функций изменения мощностей подмножества B , элементы совокупностей которого описываются различными аналитическими выражениями.

Очевидно, что подмножество $(A+B) \in \gamma$ имеет один класс — $(A+B)^N$. Построим три матрицы, составленные из девяти элементов функций изменения мощности, показанные на рис. 13. На первой встречаются все совокупности функций множества. Например, $A_1A_5 \in A^N$; $A^N \in A$; $A \in \gamma$, или $A_1A_4 \in (A+B)^N$; $(A+B)^N \in (A+B)$; $(A+B) \in \gamma$ — множество ограничено совокупностями, состоящими из элементов A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 ; B_1, B_2, B_3, B_4 . На второй встречаются только совокупности элементов подмножества A^L и A^N . Например, $A_1A_2 \in A^N$; $A^N \in A$; $A \in \gamma$, или $A_1A_2 \in A^L$; $A^L \in A$; $A \in \gamma$. На третьей встречается совокупность, составленная исключительно из одного элемента A_1 : $A_1A_1 \in A^L$; $A^L \in A$; $A \in \gamma$. Такого вида совокупность при прогнозе структурных планов на глубинные горизонты применяется только тогда, когда данные об изменении мощности от свода к крыльям или вообще отсутствуют, или имеются по одной точке (скважина, обнажение и др.). Подобные матрицы можно составить для каждой геологической провинции, где применяется метод прогноза глубинных горизонтов, использовать их для построений и по мере увеличения информации расширять или сжимать, когда появляется подтверждение противоречащих совокупностей.

Построение структурных планов интересующих, в том числе глубоководных, горизонтов довольно легко осуществляется «вручную». Однако, если такая задача ставится не для одного или нескольких ЛП, а для целого района и тем более региона, то, безусловно, необходима машинная обработка крупного массива данных. Авторами совместно с другими исследователями составлен ряд программ для ЭВМ М-220 и М-222. Рассмотрим одну из них.

Программа аппроксимации кривых

Программа написана на языке «Альфа» и передавалась с помощью транслятора ТА-1М на ЭВМ типа М-220, М-222.

Анализируемые кривые линии аппроксимируются показательной функцией $y = a_1 l^{a_2 x}$ и рассматриваются в системе прямоугольных координат (X, Y) , где точка перегиба совпадает с центром и имеет параметры $(0; 0)$. Коэффициенты a_1 и a_2 находятся (оп-

ределяются) способом наименьших квадратов. Согласно этому методу, подходящей теоретической кривой к данной фактически будет та, которая удовлетворяет следующему условию: сумма квадратов отклонений \sum_i всех ординат фактической кривой от наиболее подходящей теоретической составляет минимальную величину. При этом считается, что отклонения \sum_i подчиняются нормальному закону распределения. Пусть $Y = a_1 l^{a_2 x}$. Логарифмируя это равенство, получим:

$$\ln Y = \ln a + a_2 \ln l \cdot X, \quad (1)$$

$$\ln Y = Y'; \quad \ln a_1 = a_0; \quad a_2 \ln l = a_1; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n [Y'_i - (a_0 + a_1 X_i)]^2 = \min. \quad (3)$$

Далее дифференцируем сумму квадратов отклонений по a_0 и a_1 . Приравнявая к нулю производные, получаем систему уравнений с двумя неизвестными, состоящую из двух уравнений:

$$2 \sum_{i=1}^n [Y'_i - (a_0 + a_1 X_i)] = 0;$$

$$2 \sum_{i=1}^n [Y'_i - (a_0 + a_1 X_i)] X_i = 0.$$

Перепишем их в упрощенном виде, удобном для решения:

$$Y'_1 - a_0 - a_1 X_1 + Y'_2 - a_0 - a_1 X_2 + \dots + \\ + Y'_n - a_0 - a_1 X_n = 0;$$

$$n a_0 = [Y'_1 + \dots + Y'_n] - a_1 [X_1 + \dots + X_n];$$

$$Y'_1 X_1 - a_0 X_1 - a_1 X_1^2 + Y'_2 X_2 - a_0 X_2 - a_1 X_2^2 + \dots + \\ + Y'_n X_n - a_0 X_n - a_1 X_n^2 = 0;$$

$$a_0 [X_1 + \dots + X_n] = [Y'_1 X_1 + \dots + Y'_n X_n] - \\ - a_0 [X_1^2 + \dots + X_n^2],$$

получим: $n a_0 = A - a_1 B / X B$; $a_0 B = C - a_1 D / x n$.

Отсюда

$$a_1 = \frac{cn - AB}{Dn - B^2};$$

$$a_0 = \frac{A}{n} - \frac{B}{n} \frac{Cn - AB}{Dn - B^2}.$$

Подставляя в найденную зависимость данные X , найдем теоретическое Y .

После того как найдено аналитическое выражение кривой по формулам, заданным в явном виде, рассчитаем радиус кривизны:

$$R = \frac{\left[1 + \left(\frac{dY}{dX}\right)^2\right]^{3/2}}{\frac{d^2Y}{dX^2}}.$$

Координаты центра мгновенных радиусов кривизны для каждой пары чисел (X, Y)

$$X_c = \frac{\frac{dY}{dX} \left[1 + \left(\frac{dY}{dX}\right)^2\right]}{\frac{d^2Y}{dX^2}};$$

$$Y_c = Y + \frac{1 + \left(\frac{dY}{dX}\right)^2}{\frac{d^2Y}{dX^2}}.$$

Инструкция к пользованию

Должны быть представлены следующие данные:

- 1) массив наблюдаемых значений X ;
- 2) массив наблюдаемых значений Y ;
- 3) число точек экспериментальной кривой N ;
- 4) масштабный коэффициент, позволяющий работать с кривыми, вертикальный масштаб которых крупнее горизонтального в L раз.

Для того чтобы не происходило остановок при решении из-за переполнения разрядной сетки, вычисление радиусов кривизны производится с предварительной проверкой порядка результатов вычисления. Число точек выходных данных может быть неограниченным.

Последовательность ввода исходных данных следующая:

- 1) N ;
- 2) X ;
- 3) Y ;
- 4) L .

Выдача на печать производится в следующем порядке:

- 1) число точек кривой N ;
- 2) массив наблюдаемых X ;
- 3) массив наблюдаемых Y ;
- 4) коэффициент a_0 функции $Y = a_0 l^{ax}$;
- 5) коэффициент a_1 функции $Y = a_0 l^{a_1 x}$;
- 6) S — средние координаты центра кривизны для кривой по X ;
- 7) S_1 — средние координаты центра кривизны для кривой по Y ;

8) SS — массив координат центров кривизны для всех точек полученной кривой по Y ;

9) SS_1 — массив координат центров кривизны для всех точек полученной кривой по Y ;

10) $-R-R$ — массив радиусов кривизны для всех точек полученной кривой;

11) M — массив полученных по формуле $Y = al^{a \cdot x}$ при наблюдаемых X_0 .

Контрольный пример. Предлагается задача при $N=15$, $L=1$ и значениях X и Y . Результаты счета приведены в табл. 4.

Оценка точности методики и область ее применения

Поскольку рассмотренная методика прогноза и реконструкции структурных планов интересующих горизонтов отличается от существующих, а следовательно, имеет определенные элементы новизны, необходима оценка ее точности. Кроме того, чтобы верно оценить методику, необходимо определить область ее применения.

Точность измерений, как известно, обуславливается целями и масштабом исследования. Часто измерения пытаются выполнить с наибольшей достижимой точностью, т. е. сделать погрешность измерения по возможности минимальной. Однако, чем точнее измерения, тем труднее его выполнить. Не следует требовать от измерений большей точности, чем это необходимо для решения поставленной задачи, так как ни одно из них не может быть выполнено абсолютно точно, его результат всегда будет содержать некоторую ошибку. Это особенно справедливо в отношении измерений геолого-геофизических характеристик. Еще недавно основой при обработке данных в геологии была лишь глазомерная оценка явлений, во многих случаях не только недостаточная, но и вполне эффективная. Этому способствовало широкое применение графических методов обработки и интерпретации, со своей стороны в немалой степени обязанные эффективности глазомерных оценок. В настоящее время с появлением больших массивов данных индивидуальная обработка таким способом стала очень обременительной, к тому же появилась возможность использовать при обработке данных электронно-вычислительные машины. Все это повысило интерес к математическим методам обработки геолого-геофизических данных.

Результатами прогнозных глубинных построений являются профиль (поперечный и продольный) и структурная карта анализируемых складок. Для проверки точности глубинных построений во внимание принимались геолого-геофизические профили и структурные планы тех складок, в которых: полностью прослеживается прогнозируемая толща: определена поверхность рассматриваемой (прогнозируемой) толщи и вертикальная мощность не менее чем в трех точках (три скважины), по всему региону уверенно прослежены прогнозируемые сейсмические горизонты; в рассматриваемой (прогнозируемой) толще на исследуемой части про-

Таблица 4
Результаты счета

<i>N</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>X</i>	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
<i>Y</i>	14,3	12,6	10,7	9,50	8,20	1,30	6,30	5,40	4,60	3,80	3,20	2,70	2,00	1,50	1,00

$$a_0=19,63,$$

$$a_1=0,175,$$

$$S=14,35,$$

$$S_1=21,47$$

<i>N</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>SS</i>	54,38	41,23	32,28	26,28	22,36	19,89	18,46	17,74	17,54	11,19	18,19	18,68	19,38	20,17	21,03
<i>SS₁</i>	34,89	29,96	25,95	29,25	20,26	18,39	11,10	16,33	16,07	16,32	11,06	18,31	20,19	22,66	25,86
<i>RR</i>	56,47	42,42	32,62	25,82	21,17	19,08	16,14	15,09	14,77	15,15	15,50	18,30	19,28	21,88	25,16
<i>M</i>	16,46	13,81	11,58	9,71	8,14	6,83	5,13	4,80	4,03	3,38	2,83	2,37	1,59	1,67	1,40

филя нет разрывных нарушений, существенно изменяющих строение складки.

Результаты прогнозных построений по глубинным горизонтам в пределах профилей или серии структурных карт сравнивались с данными бурения или результатами геофизических исследований (сейсморазведкой МОВ). Сопоставление структурных карт или профилей, построенных по данным двух независимых методов, проводилось по следующим пунктам: 1) наличие или отсутствие складки; 2) направление оси складки; 3) наличие или отсутствие смещения свода; 4) фиксирование ундуляции в поперечном и продольном сечениях; 5) глубина залегания прогнозируемого горизонта.

Отклонение отметок авторы считают положительным, если отметки прогнозируемого горизонта располагаются выше отметок, полученных другим методом. В противном случае отклонение отметок считается отрицательным (табл. 5, см. рис. 11, а).

Если отклонения отметок прогнозируемого горизонта от отметок, полученных бурением (или данными сейсморазведки МОВ), одного знака, то наибольшая величина их не должна превышать 200 м. Если отклонения разных знаков, наибольшее значение их не должно превышать 100 м, так как такие отклонения заметно искажают прогнозируемый профиль.

Примеры прогнозных построений даны на рис. 11, а, б; 33, 34.

При невыполнении (50 % и более) описанных выше условий результат прогнозного построения считался плохим.

Результаты сопоставления прогнозных структурных карт со структурными картами, построенными по данным геофизического метода (сейсморазведка МОВ), говорят о хорошей сходимости по пунктам 1—5. На Кайрагачинской структуре отмечается небольшое отклонение положения свода по данным прогнозных построений на юго-запад (см. рис. 37). На ундуляцию шарнира складки в продольном сечении влияет особенность распределения мощности терригенных образований (мощность изменяется по закону клина).

Результаты прогнозных глубинных построений, выполненных на структурах (Риштанская, Сохская, Салымская, Неджелинская) ряда нефтегазоносных бассейнов, имеющих различное строение и историю развития (Ферганская межгорная впадина, Западно-Сибирская плита, Вилюйская синеклиза), отражены в табл. 5. Практически все прогнозные построения удовлетворяют описанным выше требованиям. Наибольшие отклонения отмечаются в пределах Неджелинской (—60 м; скв. 5) и Сохской (—57 м; скв. 30) структур.

При оценке результатов построения нельзя полностью учесть возможные погрешности, например, тот факт, что разные авторы, имея одни и те же данные бурения, могут получить неодинаковые отметки кровли и подошвы толщи и построить отличные друг от друга структурные карты. Нередко бывает, что отметки подошвы анализируемой толщи, полученные в результате бурения, можно

Таблица 5

Результаты сопоставления глубинных отметок, полученных по данным бурения и прогнозных построений

Данные	Индекс горизонта	Риштанская структура							
		Скв. 12		Скв. 7		Скв. 11		Скв. 17	
		г	о	г	о	г	о	г	о
Б	A ₁ B ₁	472,4		422		443		515	
П		501	+28,6	429	+7	443	0	515	0
Б	A ₂ B ₂	—	—	700	0	658	0	729	0
П		—	—	701		658		729	
Б	A ₃ B ₃	—	—	-843,6		729		815	
П		—	—	-815	+28,6	729	0	-815	0

Данные	Индекс горизонта	Сохская структура									
		Скв. 30		Скв. 76		Скв. 39		Скв. 57		Скв. 62	
		г	о	г	о	г	о	г	о	г	о
Б	A ₁ B ₁	-1538,5		-1353		-1197		-1311		-1340	
П		-1510	+28,5	-1339	+14	-1197	0	-1311	0	-1340	0
Б	A ₂ B ₂	-1767		-1582		-1396		-1482		-1581	
П		-1710	+57	-1539	+43	-1482	0	-1567	0		+14
Б	A ₃ B ₃	—	—	-1872,5		-1,705		-1767		-1880,5	
П		—	—	-1824	-48,5	-1682	+23	-1767	0	-1852	+28,5
Б	A ₁ B ₁	—	—	—	—	-2194,5		-2223		-2028,5	
П		—	—	—	—	-2166	+28,5	-2223	0	-2057	+28,5

Дан- ные	Индекс горизон- та	Неджелинская структура									
		Скв. 4		Скв. 6		Скв. 19		Скв. 2		Скв. 5	
		г	о	г	о	г	о	г	о	г	о
Б	3; 4	-700		-560		-540		-540		-	
П		-720	-20	-540	+20	-520	+20	-520	+20	-	-
Б	5; 6	-1500		-1400		-1360		-1330		-1540	
П		-1540	-40	-1400	0	-1340	+20	-1330	-30	-1600	-60
Б	8; 9	-		-2820		-2780		-2784		-	
П		-	-	-2840	-20	-2780	0	-2800	-16	-	-

Дан- ные	Индекс горизон- та	Салымская структура											
		Скв. 35		Скв. 9		Скв. 24		Скв. 32		Скв. 25		Скв. 27	
		г	о	г	о	г	о	г	о	г	о	г	о
Б	А'Г'Д'	-2261		-2254,7		-2293		-2255		-2268,4		-2274,6	
П		-2255	+6,7	-2248	+6,7	-2295	0	-2255	0	-2288	+13,4	-2274,6	-13,4
Б	А"Г"Д"	-2750		-2610,7		-2797		-2750		-2736,7		-2763,3	
П		-2750	0	-2704	+6,7	-2797	0	-2750	0	-2730	+6,7	-2770	-6,7

Примечание. Г — глубина, м; О — отклонение отметок, м. Глубинные отметки по данным: Б — бурения, П — прогнозных построений.

соединить по-разному. В случае неправильной интерпретации данных неверно определяется положение свода подошвы и при прогнозировании на глубину может возникнуть большая ошибка в установлении положения свода антиклинальной складки. Кроме этого, могут быть неустранимые погрешности, связанные непосредственно с получением и обработкой исходного материала. Эти данные (если говорить об их графическом представлении) с топоосновы трансформируются в гипсометрические и погоризонтальные планы. Перевод их из цифровой формы представления в гра-

Таблица 6

Абсолютные и относительные погрешности прогнозных построений

Структура	Индекс горизонта	Сумма квадратов отклонений всех координат фактического профиля от прогнозного ΔZ	Среднее значение относительной погрешности $\Delta Y_{\text{отн}}$, %
Северо-Риштанская	A_1B_1	866,96	3,8
	A_2B_2	0	0
	A_3B_3	817,96	3,3
Северо-Сохская	A_1B_1	1008,25	1,44
	A_2B_2	5294	2,26
	A_3B_3	3693,5	1,8
	A_4B_4	1624,5	1,35
Неджелнинская	3; 4	1600	3,45
	5; 6	6500	2,52
	8; 9	656	0,64
Салымская	$A'Г'Д'$	448,91	0,44
	$A''Г''Д''$	179,56	0,24

фическую сопряжен с появлением неизбежных погрешностей. Например, точность измерения отрезков и длин кривых на топографических картах ограничена пределом 0,1 мм, который называется предельной графической точностью. Соответствующее расстояние на местности называется предельной точностью масштаба. Отклонения предельной графической точности и предельной точности масштаба от истинных величин относятся к неустранимым погрешностям. Как показывает практика, к ним же следует отнести и погрешности, возникающие вследствие перекопировок карт, их тиражирования, а также повреждения на сгибах в процессе работы. В практике погрешность в 2—3 % следует считать реальной. Значит, для масштаба 1:5000 неустраняемая погрешность может колебаться в пределах до 2 м, а при более мелком масштабе и более.

Для количественного сравнения степени приближения теоретической функции к реальной фактической кривой (полученной по данным бурения или сейсморазведкой МОВ) рассчитаны абсолютные (ΔZ) и относительные ($\Delta Y_{\text{отн}}$) погрешности (табл. 6). Качество результатов прогнозных построений охарактеризовано параметрами ΔZ и $\Delta Y_{\text{отн}}$.

$$\Delta Z = [(S_1 - S'_1)^2 + (S_2 + S''_2)^2 + \dots + (S_n - S_n^n)^2] = \min.$$

Абсолютная величина параметра (ΔZ) является хорошей количественной мерой сравнения, где S — ординаты теоретической кривой; S' — ординаты фактической кривой.

Относительная величина погрешности рассчитывалась по формуле $\Delta Y_{\text{отн}} = (\Delta Y/Y) 100 \%$, где $\Delta Y_{\text{отн}}$ — относительная погрешность; ΔY — абсолютная погрешность; Y — измеряемая величина.

Минимальная величина этих параметров отмечается для Салымской (горизонты $A''G''D''$ и $A'G'D'$) и Неджелинской (горизонты 8 и 9) структур. Полное совпадение отмечено для Северо-Риштанской антиклинали (горизонт A_2B_2). Максимальная величина относительной погрешности прогнозных глубинных построений не превышает 4 % (см. табл. 6).

Проверка точности одного-двух прогнозов мало что может дать исследователю. Действительно, на формирование явления влияет множество разнообразных факторов, поэтому полное совпадение или значительное расхождение прогноза и его реализации может быть вызвано стечением особо благоприятных (или неблагоприятных) обстоятельств. Отсюда следует, что о качестве прогнозов применяемых методик и моделей можно судить лишь по совокупности сопоставления прогнозов и их реализации. По данным А. И. Четыркина, мерой качества прогнозов при наличии данных об их реализации может стать отношение числа случаев, в которых фактическая реализация охватывалась интервальным прогнозом, к общему числу прогнозов, т. е. $\eta = P/(P+q)$, где P — число прогнозов, подтвержденных фактическими данными; q — число прогнозов, не подтвержденных фактическими данными. Значения этого коэффициента колеблются от нуля до 1 (в наиболее благоприятных случаях). В нашем случае $\eta = 12/(12+0) = 1$.

В целом сопоставление указывает на хорошую сходимость результатов независимых методов, что свидетельствует о целесообразности применения рассматриваемого способа для поиска структур на глубине. Предлагаемый метод прогнозирования и реконструкции структурных планов глубинных горизонтов локальных и более крупных поднятий дополняет существующие способы прогноза глубинных горизонтов (метод схождения и др.) и имеет вполне определенную область применения.

Прежде всего необходимо отметить, что метод разработан и апробирован применительно к нефтегазоносным бассейнам, выполненным мезозойско-кайнозойскими отложениями (приемы построения рассмотрены на структурах Ферганской межгорной впадины, Западно-Сибирской плиты, Вилюйской синеклизы, Енисей-Хатангского прогиба). При этом объекты обучения и построения выбирались таким образом, чтобы в них отмечалось или предполагалось соответствие структурных планов приповерхностных и глубинных горизонтов при наличии той или иной (иногда существенной) миграции свода складок (от 100 до 1500 м и более) с глубиной. Выбор именно таких структур не случаен, так как они (как показали литературные данные и статистические исследова-

ния в пределах изученных территорий) составляют большинство (60—70 %) в названных выше нефтегазоносных бассейнах.

Районы, где проявляются соляная тектоника или крупные региональные размывы (такие, например, как предсохский или предбактрийский в Ферганской межгорной впадине и т. д.), существенно изменяющие конформное соотношение структурных планов приповерхностных и глубинных горизонтов, занимают относительно небольшие площади. Например, в пределах Енисей-Хатангского прогиба (структуры Нордвикская, Кожевниковская, Байкаловская и др.) на их долю приходится 30 %, в Ферганской межгорной впадине (структуры Чуст-Папская, Базар-Курганская, Ляканская и др.) около 40 %.

Таким образом, с помощью предлагаемой методики можно решать следующие задачи:

прогнозировать и реконструировать структурные планы глубинных горизонтов в проективной области (включая часть пространства, располагающуюся ниже эволюты) до постановки геофизических работ или разведочного бурения;

количественно и качественно описывать величины смещения свода складок с глубиной, что важно при поисках залежей нефти и газа;

качественно определять геометрическое положение разрывных нарушений с глубиной в теле складки;

выявлять малоамплитудные структуры (40—30 м и менее), труднодиагностируемые сейсморазведкой МОВ;

анализировать глубинное строение нефтегазоносных областей в комплексе с сейсморазведкой МОВ и КМПВ.

Применение этого метода в комплексе с геофизическими исследованиями может планироваться в следующих случаях. Имеются сейсмические структурные карты по неглубоким и средним горизонтам глубиной до 2000 м, полученные по сейсмограммам с хорошим качеством (уверенная корреляция, «привязка» к геологическому разрезу по данным сейсмокаротажа и опытным работам, знание изменения средних, эффективных, пластовых скоростей по разрезу). При этом отражения от глубинных и сверхглубинных горизонтов (2000—4000 м и т. д.) получены дискретно в некоторых точках, число которых недостаточно для построения структурных сейсмических поверхностей (см. рис. 35). В этом случае результаты прогнозных структурных построений можно сравнить с данными сейсморазведки. При достаточной сходимости результатов имеет смысл не ставить специальных сейсмических исследований с целью получения информации о глубоких горизонтах. Хорошим полигоном для такого комплексирования обработки являются районы севера Западно-Сибирской молодой плиты.

Несколько лет назад требования к сейсморазведке ограничивались получением результатов с глубин не более 2500—3000 м. Такой информацией характеризовались все месторождения севера Западной Сибири: Тазовское, Уренгойское, Заполярное, Ямбургское, Находкинское и др. Отражения от более глубоких горизон-

тов были получены дискретно. В последние годы рядом производственных и научно-исследовательских коллективов была доказана высокая перспективность на нефть и газ палеозойских отложений юга Западной Сибири и Среднего Приобья, а также юрских отложений севера низменности. При подготовке перспективных площадей для глубокого и сверхглубокого бурения возникла необходимость в повторных сейсмических исследованиях с целью увеличения информативности о глубоких горизонтах. В настоящее время уже ведутся и планируются работы методом ОГТ, что связано с увеличением затрат. Один из путей их уменьшения — применение метода ОГТ в комплексе с прогнозными структурными построениями.

На Вилюйской синеклизе предполагается высокая перспективность Хапчагайского поднятия, особенно пермо-триасовых отложений. Но если триасовые отложения хорошо и детально изучены сейсмической разведкой, то информация о пермских отложениях практически отсутствует. И здесь прогнозные построения в комплексе с глубинными методами сейсморазведки могут дать хорошие результаты (см. рис. 34).

Развитая в минувшее десятилетие сеть региональных маршрутов зондирований преломленными волнами, как показали исследования, была рассчитана прежде всего на изучение поверхности фундамента юга Западно-Сибирской плиты. В результате постановки работ по такой сети выявлены особенности строения кровли фундамента. Результаты работ были представлены в виде структурных карт и сейсмических профилей. В этом случае при анализе полученного материала появилась возможность опробовать прогнозные построения для структурных планов вышележащих горизонтов (см. рис. 35).

В районах, перспективных на нефть и газ и имеющих фрагментарную обнаженность, достаточную для построения структурных карт, можно планировать расположение и объем сейсмических профилей, исходя из прогнозных глубинных построений. Опыт работ в Ферганской межгорной впадине показал, что применение этого метода позволяет геофизикам достичь существенной экономии и ускорить подготовку структуры под глубокое бурение, минуя поисковый этап (см. рис. 37).

Рассмотренный метод, безусловно, не во всех случаях позволяет точно воспроизводить строение интересующих горизонтов группы поднятий или отдельной складки, так как распределение деформаций, смещение сводов с глубиной и т. д. в природе протекают по сложным законам. Их необходимо выявлять, систематизировать. Кроме того, необходимо всегда учитывать, что результаты прогнозирования, как и любого конструирования, зависят от объема исходной информации и ее достоверности. Чем меньше исходных сведений, тем ниже достоверность построений. Это свойство характеризует также проведение любых геофизических исследований. Прогнозные построения рассматриваемого метода, по существу, основываются на вероятностных моделях, а его продук-

цией являются конструкции вероятностной модели анализируемого геологического пространства. Это положение также присуще любому методу прикладной геофизики, разведочной геологии и т. д., когда решение задачи зависит от качества наблюдений и принятой модели среды.

НЕКОТОРЫЕ ПРИЕМЫ АНАЛИЗА ДИЗЪЮНКТИВНЫХ ДИСЛОКАЦИИ

Настоящая работа посвящена в основном пликативным дислокациям. Однако в процессе их изучения неизбежно возникает необходимость исследования и дизъюнктивных дислокаций, что помогает расшифровать природу первых.

Ведущая роль дизъюнктивов в формировании осадочных покровов как молодых, так и древних платформ неоднократно подчеркивалась рядом исследователей [29 и др.]. Немаловажную роль приобретают разрывные дислокации в процессе формирования нефтяных и газовых залежей и месторождений. Региональные тектонические движения, в частности дизъюнктивные дислокации, нередко контролируют не только распространение структурно-фациальных зон бассейна, но и характер, ориентировку зон нефтегазоаккумуляции, могут экранировать залежи или, наоборот, быть путями активной вертикальной миграции углеводородов.

Как известно, многие закономерности истории развития осадочного чехла нефтегазоносных бассейнов связаны с внутренней структурой и развитием подстилающих образований, в частности разрывных нарушений, без изучения которых не могут быть всесторонне решены и вопросы формирования, распределения нефтяных и газовых месторождений в мезозое.

В платформенных условиях (Западно-Сибирская плита, Вилюйская синеклиза и др.) пликативные дислокации различного порядка, хорошо выраженные в осадочном комплексе пород, часто бывают приурочены к крупным разломам складчатого фундамента. Нередко развитие и формирование этих структурных элементов связаны с подвижными, мобильными зонами этого основания. Такие структуры могут быть весьма благоприятными ловушками на всех этапах геологического развития осадочного нефтегазоносного бассейна и представляют повышенный интерес для нефтяников. Поэтому анализ разрывных нарушений, их выделение с последующей классификацией на качественной и количественной основах имеют важное значение для решения актуальных вопросов нефтяной геологии.

Материалом для выделения, систематизации разрывных нарушений Енисей-Хатангского прогиба и прилегающих территорий послужили схема районирования гравитационного поля с элементами магнитного поля (Д. Б. Тальвирский); структурные карты, схемы, геолого-геофизические разрезы (данные сейсморазведки

МОВ, разведочного и параметрического бурения Таймырской геофизической экспедиции, Нижнеенисейской нефтеразведочной экспедиции ПГО Енисейнефтегазгеология и др.); результаты морфометрического анализа рельефа, обработки материалов, полученных дистанционными методами (данные В. Я. Ероменко); схематическая карта разломов фундамента Западно-Сибирской плиты; тектоническая карта нефтегазоносных областей СССР; карта дизъюнктивной тектоники Западно-Сибирской плиты; принципиальная схема главных зон глубинных разломов Сибири и Дальнего Востока; структурная карта Сибирской платформы по поверхности кристаллического фундамента; гипсометрическая карта поверхности кристаллического фундамента Енисей-Хатангского прогиба. Помимо этого использованы статьи и монографии, обобщающие геолого-тектонические исследования по рассматриваемому региону и прилегающим территориям.

Необходимо было решить вопрос, существует ли связь разрывных нарушений доюрского комплекса пород с пликвативными дислокациями юрско-меловых отложений? Влияют ли разломы на распределение и условия формирования не только структур различного ранга, но и залежей углеводородов?

Прежде чем рассматривать особенности разрывных нарушений, кратко остановимся на некоторых вопросах методики их выделения.

Результаты региональных геофизических работ для установления трассирования и характеристики разломов, особенно на платформенных территориях, используются широко. В работах Э. Э. Фотиадн, В. С. Суркова, И. В. Дербикова, Н. Я. Кунина, Т. Н. Симоненко, Н. В. Шаблинской, авторского коллектива под руководством Ф. Г. Гурари, Л. Я. Проводникова, Д. Б. Тальвирского, А. А. Борисова, О. В. Шкутовой, Д. Ф. Уманцева и других исследователей излагаются способы характеристики разломов, их классификация в фундаменте Западно-Сибирской, Туранской плит и других регионов.

Наиболее часто употребляют следующие признаки существования разломов, выделяемых по особенностям гравитационных и магнитных аномальных полей: зона высоких градиентов (ступени); крутые и резкие ограничения аномалий, торцовые сочленения неодинаково ориентированных аномалий, пересечение аномалий различных простираций; цепочки узколинейных положительных или отрицательных аномалий, смещение линейно вытянутых аномалий в плане, изгибы изоаномалий. Эти признаки были использованы при выделении и систематике разломов. Степень достоверности выделения повышалась в том случае, когда оно основывалось на сочетании двух или более перечисленных признаков.

Чтобы увеличить достоверность, объективность выделения и классификации разломов, разработана методика, позволяющая ввести количественные показатели некоторых признаков, отражаю-

щих особенности геофизических аномалий [25]. Кроме того, был проведен морфометрический анализ рельефа с использованием результатов обработки материалов, полученных дистанционными методами (см. рис. 29). Эти материалы с учетом предыдущих исследований послужили основой для выделения и последующей систематизации разрывных нарушений.

После составления основной схемы дизъюнктивных дислокаций осуществлялась корреляция путем анализа планового соответствия этих разломов распределению среднего градиента кривизны локальных поднятий (отражающей в объеме деформацию мезозойских отложений), что позволило выявить влияние разрывной тектоники доюрского комплекса пород на деформированность осадочных образований юрско-меловых отложений.

Анализ гравитационных и магнитных аномалий

Изучение гравитационных и магнитных аномалий проводилось в следующем порядке:

выделялись региональные направления отрицательных, положительных аномалий Δg и магнитных аномалий;

рассчитывался коэффициент интенсивности градиента зоны λ (область сочленения положительных и отрицательных аномалий Δg) по формуле $\lambda = \sum ln$, где l — длина зоны, n — число пересекаемых границ положительной и отрицательной аномалий (дифференцированность аномалии), причем суммирование ограничивалось границами положительной аномалии Δg ;

выделялись области планового совпадения аномалий ΔT с зоной повышенной интенсивности градиента Δg (коэффициента λ);

рассчитывалась «сложность» узлов сочленения зон интенсивности градиента Δg (характеризующихся различной величиной коэффициента C) и аномалий ΔT (приведенных к одной площади) по формуле $C = \sum ndij$, где n — число разноориентированных направлений; dij — нормированный коэффициент.

Нормировка признака осуществлялась с помощью линейного преобразования по известной формуле А. А. Бишаева (1973 г.):

$$dij = \frac{tij - tij^{\min}}{tij^{\max} - tij^{\min}},$$

где tij — значение признака; tij^{\max} — максимальное значение признака; tij^{\min} — минимальное значение признака.

Параметр «сложности» узлов сочленения C служил одним из критериев для обоснования выделения в пространстве и последующей систематики разломов.

На исследуемой территории выделены четыре группы градиентных зон гравитационных аномалий, характеризующихся определенными вариациями значений коэффициента λ : первая — 1,0—0,76, вторая — 0,75—0,51, третья — 0,50—0,26, четвертая — 0,25—0. Первая группа относительно четвертой характеризуется более протяженными, дифференциальными положительными и отрицательными аномалиями Δg .

Эти группы зон совместно с магнитными аномалиями образуют линейно вытянутые области определенного регионального направления (субширотного, субмеридионального и т. д.). Нередко они образуют довольно сложные «узлы» — сочленения различных направлений (величина C колеблется в широких пределах — от 0,77 до 3,30 и более). Описываемые группы, характеризующиеся различными значениями коэффициента λ с учетом планового расположения магнитных аномалий и распределения величины C , позволили выделить 12 областей, классифицируемых как вероятные разломы.

Морфометрический анализ рельефа

При геоморфологическом картировании (особенно мелкомасштабном) и структурно-геоморфологическом анализе рассматриваются не единичные формы рельефа, а их площадная совокупность. Выявление общих закономерностей в их расположении, с одной стороны, геоморфологических аномалий — с другой, позволяет установить морфоструктурные особенности рельефа изучаемого региона, так как специфика морфоскульптуры в большинстве случаев определяется содержанием морфоструктуры. Для решения подобных задач, в частности выявления характера выраженности в рельефе вероятных зон разрывных нарушений, проведен морфометрический анализ топографической карты по методу, изложенному в 1968 г. в работе А. В. Орловой. Во внимание принимались не все высотные отметки, а лишь те из них, которые характеризовали водоразделы или понижения, выровненные участки. Высотные отметки, приуроченные к склонам или долинам рек, не учитывались, так как высота их определяется не только происшедшими когда-то блоковыми движениями, но и наложившейся на них эрозией.

В результате морфометрического анализа топографических карт была выявлена мозаичная картина схемы размещения блоков различной амплитуды (в м): 100 и менее, 101—160, 161—220, 221—280, 281 и более. На схему (см. рис. 29) вынесена группа блоков, наиболее полно отражающая их мозаичное распределение. Контуры некоторых блоков образуют непрерывную плавно закругленную линию, проходящую через всю площадь (интерпретируемую как разлом). Целостность контуров других блоков нарушена линиями, вероятно, более поздних разломов (восточная часть прогиба).

Далее границы системы блоков, отвечающие вероятным зонам разрывных нарушений, выраженных в рельефе, сопоставлялись с результатами анализа гравитационных, магнитных аномалий и основной сетью разломов. В результате разрывные нарушения довольно четко разделились по характеру выраженности в рельефе на три категории: отчетливо выраженные, удовлетворительно выраженные и невыраженные. Так, разломы первого и второго типов (см. рис. 23) можно отнести к категории отчетливо выраженных, разломы третьего типа — к отчетливо и удовлетворительно выраженным, внутриблоковые разломы четвертого типа, опережающие более крупные разрывные дислокации, — в целом к слабо выраженным или совсем не выраженным в современном рельефе. Они чаще всего бывают приурочены к областям развития более молодых, аккумулятивных дельтовых равнин. Последние формируются речными артериями и благодаря большой скорости аккумуляции, по видимому, нивелируют проявления молодых дифференцированных тектонических движений.

Часть II.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ БАСЕЙНОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Рассмотренные выше методические приемы были использованы в структурном анализе осадочных бассейнов Сибирской платформы. Наиболее детальный анализ выполнен для Енисей-Хатангского бассейна, обрамляющего эту платформу с северо-северо-запада. Менее детальные исследования проведены в пределах Вилуйской синеклизы. Кроме того, предпринята попытка использовать методику количественного анализа пликтивных дислокаций для докембрийских, вендско-рифейских толщ в пределах крупного Камовского свода и прилегающих к нему территорий. Отдельные примеры приведены по Западной Сибири и Ферганской межгорной впадине. Цель этих работ авторы видели не в детальном, всестороннем анализе материалов по названным бассейнам, а в демонстрации возможности широкого использования данных методик и решения на их основе важных и интересных как в теоретическом, так и в практическом отношении вопросов геологии нефтегазоносных бассейнов. Тем самым авторы хотели привлечь внимание геологических коллективов к подобным исследованиям рассмотренных и других бассейнов. В сравнительном анализе структуры бассейнов на количественной основе видится возможность получения новой важной информации для оценки перспектив их нефтегазосности.

ГЛАВА 3.

КАМОВСКИЙ СВОД БАЙКИТСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Район исследования находится в пределах Южно-Тунгусской нефтегазоносной области (НГО) западной части Сибирской платформы. Южно-Тунгусская НГО площадью около 300 тыс. км² административно расположена на территории Красноярского края и в соответствии с нефтегеологическим районированием входит в состав Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. В Южно-Тунгусской НГО на уровне ниже- и среднепалеозойского ярусов по материалам глубокого бурения и региональных геофизических исследований геологами ПГО Енисейнефтегазгеология, ПГО Ени-

сейсмогеофизика, СНИИГГиМСа, ВНИГРИ и других организаций выделяется целый ряд самостоятельных крупных структур, к которым относятся Курейская синеклиза, Байкитская антеклиза и др. В состав последней входят Камовский свод и Куюмбинская площадь — территории, перспективные на нефть и газ в этом районе. В пределах Камовского свода в 1970 г. было начато глубокое бурение на нефть и газ на Тайгинском поднятии. К настоящему времени на этой площади пробурены Тайгинская и Нижнетайгинская параметрические скважины, которые подтвердили наличие Тайгинского поднятия. Опробованием в процессе бурения существенных признаков нефтегазоносности в этих скважинах не обнаружено. С 1972 г. началось параметрическое и поисковое бурение в центральной части свода на Куюмбинской площади. Здесь впервые установлена нефтеносность докембрийских отложений. Уже в первой скважине в отложениях камовской толщи были обнаружены нефтегазопроявления. Бурение последующих скважин позволило открыть газонептяное месторождение, приуроченное к карбонатным и глинисто-карбонатным отложениям камовской толщи, которые содержат горизонты коллекторов порово-кавернозного и трещинного типов. Таким образом, перспективы нефтегазоносности этой территории оцениваются достаточно высоко, а верхнедокембрийские отложения наряду с более молодыми, как показывают поисково-разведочные работы ПГО Енисейнефтегазгеология, вполне могут быть объектом поиска промышленных залежей углеводородов.

В настоящее время геолого-геофизическими работами (проведенными сотрудниками ПГО Енисейнефтегазгеология, ПГО Енисейгеофизика, СНИИГГиМСа и др.) с разной степенью детальности изучена современная структура всего Камовского свода (по нижнекембрийским отложениям мотской свиты) и его центральной части — Куюмбинской площади (по внутририфейским отложениям).

ХАРАКТЕРИСТИКА КРУПНЫХ СТРУКТУР

Байкитская антеклиза впервые выделена в 1977 г. геологами СНИИГГиМСа и бывшего треста Красноярскнефтегазразведка В. Е. Кучеровым, В. М. Лебедевым, И. Г. Левченко, А. М. Ивановым, Н. В. Мельниковым, Г. Д. Незимковым, В. Д. Накоряковым, В. С. Старосельцевым и др. Структура имеет размеры (180—240) × 750 км и ориентирована в северо-западном направлении. На востоке она граничит с Катангской седловиной, на севере и северо-востоке — с Агатской седловиной и Курейской синеклизой, на западе и юге обрамляется Западно-Тунгусским региональным прогибом.

В пределах Байкитской антеклизы находится ряд структур более мелких порядков: в юго-восточной ее части — Камовский свод, в северной части — Сурингдаконский свод, к югу от него — Бахтинский выступ, в юго-восточной части антеклизы — Тайгинское и

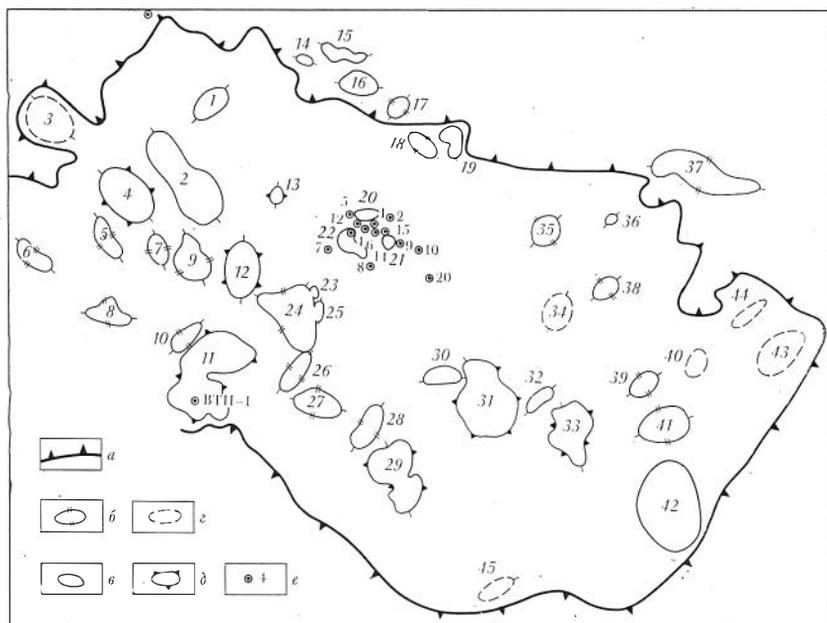


Рис. 14. Структурная схема Камовского свода Байкитской антеклизы. Составлена с использованием геолого-геофизических материалов ПГО Енисейнефтегазгеология и Енисейгеофизика:

a — границы Камовского свода; структуры по данным: *b* — структурно-геологической съемки сейсморазведочных работ (*в* — достоверные, *г* — предполагаемые), *д* — структурно-геологической съемки, подтвержденные сейсморазведочными работами; *e* — глубокие скважины.

Локальные поднятия: 1 — Хытыкитское, 2 — Енгидинское, 3 — Светланское, 4 — Мукуйское, 5 — Гурумнинское, 6 — Оленчминское, 7 — Мухенское, 8 — Корябинское, 9 — Талаканское, 10 — Малобугарикгинское, 11 — Верхнеохоумское, 12 — Петимское, 13 — Нокумское, 14 — Соболинское, 15 — Восточно-Гандинское, 16 — Бирчан-

ское, 17 — Тыганское, 18 — Огневское, 19 — Нойское, 20 — Бугарикское, 21 — Восточно-Куомбинское, 22 — Усть-Куомбинское, 23 — Апрельское, 24 — Юрубченское, 25 — Нижнеюрубченское, 26 — Северо-Видрышевское, 27 — Южно-Видрышевское, 28 — Ядудьское, 29 — Верхнетайгинское, 30 — Верхнедулиминское, 31 — Косвинское, 32 — Верхнее, 33 — Иркинеево-Чадобецкое — Хоркичское, 34 — Танминское, 35 — Хугимузанское, 36 — Шушукское, 37 — Муртарайское, 38 — Дегдалинское, 39 — Емболоканское, 40 — Сользаводское, 41 — Хурламское, 42 — Чадобецкое, 43 — Петимовское, 44 — Особинское

Чадобецкое поднятия, в северо-западной части — Нижнетунгусское поднятие. В целом Байкитская антеклиза имеет тенденцию к погружению с юго-востока на северо-запад, чем обусловлено развитие на ее поверхности отложений от среднекембрийских на юге до триасовых на севере. Это одна из наиболее перспективных для поисков нефти и газа надпорядковых структур в западной части Сибирской платформы.

Камовский свод находится в юго-восточной части Байкитской антеклизы и ориентирован с северо-запада на юго-восток. Протяженность его достигает 375 км при средней ширине около 150 км, отношение длины структуры к ее ширине равно 2,5. Превышение Камовского свода над смежным Терянским мегапрогибом составляет около 500 м.

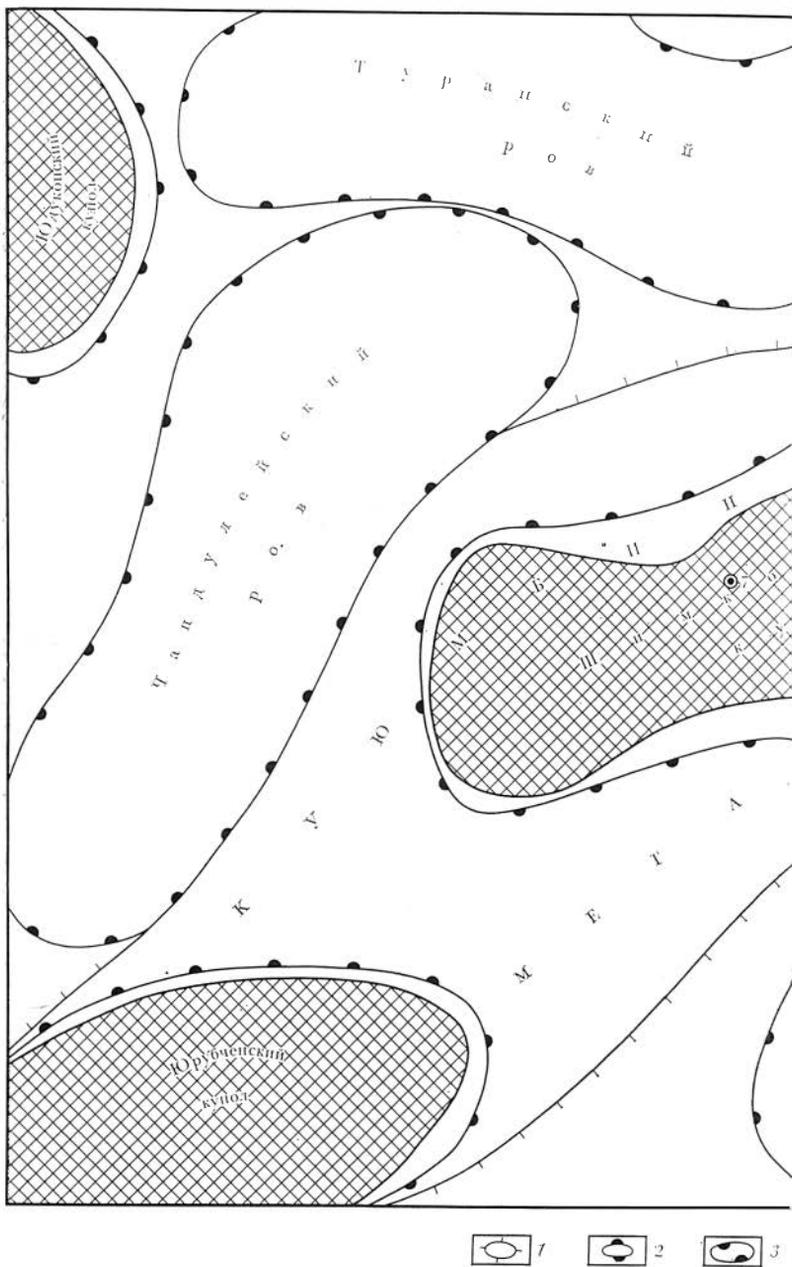
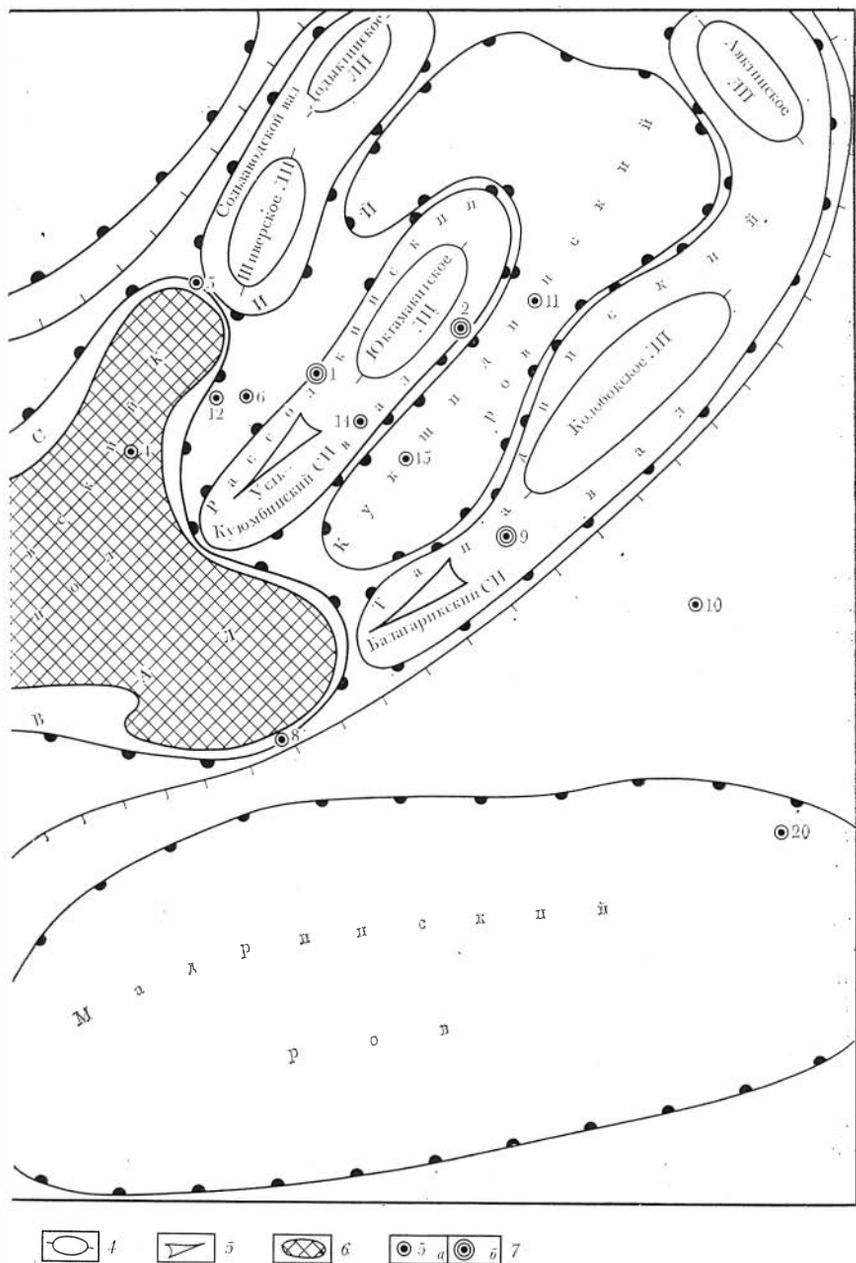


Рис. 15. Структурно-тектоническая схема Куюмбинской площади. Составлена с использованием геолого-геофизических материалов ПГО Енисейнефтегазгеология и Енисейгеофизика.



Структуры: 1 — первого порядка, второго порядка (2 — положительные, 3 — отрицательные), 4 — третьего порядка; 5 — структурный нос; 6 — выступы фундамента с минимальной мощностью или отсутствием рифейских отложений; 7 — глубокие скважины (а — пустые, б — нефтегазоносные)

Почти в центре Камовского свода находится *Куюмбинская нефтегазоносная площадь*. Пространственное размещение тектонических элементов разного порядка отражено на рис. 14 и 15. Современное их положение по рифейским отложениям дано с помощью геофизических исследований и глубокого бурения. В пределах рассматриваемой территории выделяются разноориентированные структуры первого, второго и третьего порядков.

Изучены следующие параметры складок: средние размеры, амплитуда, площадь, ориентировка в пространстве, удлинение и степень деформированности. В качестве главных признаков приняты размеры (средние цифровые пределы длины и ширины) и геометрическая форма складок (табл. 7, 8). Это позволило выявить структуры, которые чаще всего связаны с разрывными нарушениями или унаследованы от более глубоких структур. Появилась возможность дать упорядоченную номенклатуру некоторым структурам, уточнить ранее принятую терминологию и составить уточненную схему структурного районирования рифейских отложений Куюмбинской нефтегазоносной площади.

Всего в пределах рассматриваемого региона в плане выделяются 11 структур первого и второго порядков (см. рис. 14). Из положительных региональных структур (мегавалы, валы, купола) одна относится к первому порядку (Куюмбинский мегавал), шесть ко второму (см. табл. 8), отрицательные (рвы) все принадлежат к структурам второго порядка. Северо-западную часть Куюмбинского мегавала осложняют пять ЛП и два структурных носа (СН).

Куюмбинский мегавал располагается в центральной части изучаемой площади. Он протягивается с юго-запада на северо-восток на 136 км при средней ширине около 35 км. Отношение длины структуры к ширине составляет 3,89, средняя амплитуда по отношению к отрицательным структурам около 900 м. На северо-западе мегавал ограничен системой линейно вытянутых рвов (Турамский и Чандулейский), на юго-востоке — Мадринским рвом.

Куюмбинский мегавал осложнен пятью положительными структурами второго порядка. В центральной и юго-западной частях расположены два купола — Шимковский и Юрубченский. В их присводовой части отмечаются выступы фундамента с минимальной мощностью или отсутствием рифейских отложений (см. рис. 17). Размеры куполов 18×40 и 16×32 км соответственно, параметры удлинения составляют 2,22 и 2,0.

Северо-восточная часть мегавала осложнена серией линейно ориентированных валов — Сользаводским, Рассолкинским и Танадинским, которые разделены между собой Кукшидинским рвом. В этой части Куюмбинского мегавала отмечается увеличение мощности рифейского структурного яруса.

Сользаводский вал вытянут с юго-запада на северо-восток на 22 км при ширине 6 км, средняя его амплитуда по отношению к Турамскому рву около 350 м, величина удлинения 3,66. Северную часть этого линейно вытянутого вала осложняет Додыктинское ЛП, южную — Шиверское. Танадинский вал простирается с юго-

Таблица 7
Морфология структур

Порядок	Положительные структуры	Размеры, км	Удлинение	Отрицательные структуры (рвы)	Размеры, км	Удлинение
I	Куюмбинский мегавал	35×136 Средние 35×136	3,89 Средние 3,89	—	—	—
II	Танадинский вал	8×56	7	Мадринский Чандулейский Турамский Кукшидинский	20×62	3,1
	Рассолкинский вал	6×30	5		17×56	3,29
	Сользаводской вал	6×22	3,56		15×60	4,0
	Шимковский купол	18×40	2,22		10×40	4,0
	Юрубченский купол	16×32 *	2,0 *			
	Юдуконский купол	9×22 *	2,44 *			
	Средние	11×34	3,72	Средние	15,5×54	53,6
III	Додыктинское ЛП	3,6×6,8	1,9	—	—	—
	Юктамакитское ЛП	3,8×9,2	2,4			
	Колобокское ЛП	4,8×19,6	4,1			
	Аяктинское ЛП	3,6×8,0	3			
	Средние	4×11	2,85			

* В пределах исследуемой территории.

запада на северо-восток. На северо-западе он отделен от Рассолкинского вала Кукшидинским рвом. Длина Танадинского вала достигает 56 км при ширине 8 км. Это четко выраженная линейная структура с удлинением, достигающим 7. Средняя амплитуда по отношению к Кукшидинскому рву составляет около 450 м. Танадинский вал осложнен двумя линейно вытянутыми ЛП и одним СН.

Между Колобокским ЛП и Балагарикским СН расположена поисковая скв. 9, которая окончательно подтвердила угловое несогласие между мотской свитой и рифеем. При опробовании и испытании рифейских отложений (интервал 2232—2242 м) получен устойчивый приток нефти. В процессе бурения скважины опробо-

Таблица 8

Классификация структурных форм Куюмбинской нефтегазоносной площади

Класс	Порядок	Средние размеры, км	Положительные структуры		Отрицательные структуры
			замкнутые	полуоткрытые, незамкнутые	
Региональные	I	35×133	Мегавалы, длинные своды	—	—
	II	11×34	Валы, куполовидные поднятия		Рвы
Локальные	III	4×11	Локальные поднятия, локальные купола	Структурные носы	Локальные мулды, синклинали

ваны пластоиспытателем два горизонта (интервалы 2406—2415 и 2184—2192 м), давшие слабые притоки газа с конденсатом.

Рассолкинский вал приурочен к слиянию рек Подкаменной Тунгуски и Куюмбы. Это типично линейная структура с удлинением, равным 5. Средние размеры составляют 6×30 км, средняя амплитуда по отношению к Кукшидинскому рву около 400 м. В составе этой структуры выделяется Юктамакитское ЛП, южную ее часть осложняет Усть-Куюмбинский СН.

В пределах Рассолкинского вала расположены поисковые скв. 1 и 2, давшие при испытании рифейских отложений притоки нефти и газа. В скв. 1 в осадочных карбонатных комплексах рифея впервые установлены нефтегазопроявления, а из его кровли (интервал 2163—2173 м) получен промышленный приток газа. В процессе бурения скв. 2 были опробованы пластоиспытателем отложения нижней части верхнеюмтской подсвиты и рифейские. В результате испытания из низов верхнеюмтской подсвиты (интервал 2164—2203 м) получен слабый приток газа, а рифейские отложения дали значительные притоки жидких и газообразных углеводородов.

МОРФОЛОГИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПОДНЯТИЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ГРУППИРОВКИ ПО ПЛОЩАДИ, АМПЛИТУДЕ И УДЕЛЬНОЙ КРИВИЗНЕ

Детальное изучение локальных структур как объектов для размещения глубоких параметрических и поисковых скважин в пределах Южно-Тунгусской НГО было начато в конце 60-х годов. Основным методом детализации поднятий являлась сейсморазвед-

ка МОВ, которая проводилась на ранее выявленных геологической съемкой структурах и отдельных перегибах, обнаруженных при региональных и рекогносцировочных сейсморазведочных работах. Отдельные структуры (Усть-Куюмбинская и др.) были подготовлены к параметрическому бурению специализированной структурно-геологической съемкой. Антиклинальные ловушки, подготовленные к глубокому бурению сейсморазведочными работами, исследованы в основном по одному-двум сейсмическим горизонтам, что не позволяет уверенно проследить взаимоотношение структурных планов по древним и более молодым комплексам нижнего кембрия.

Описание ЛП дается последовательно, начиная с более древних отложений.

Куюмбинская площадь. Додыктинское ЛП расположено в северной части Сользаводского вала. Размеры ЛП $3,6 \times 6,8$ км, амплитуда 50 м, площадь 20 км^2 , удельная кривизна $9,9 \cdot 10^{-4}$, удлинение 1,9.

Юктамакитское ЛП вытянуто с юго-запада на северо-восток. Оно осложняет северную часть Рассолкинского вала. Размеры ЛП $3,8 \times 9,2$ км, амплитуда 50 м, площадь 26 км^2 , удельная кривизна $6,3 \cdot 10^{-4}$, удлинение 2,4.

Аяктинское ЛП осложняет северную часть Танадинского вала. Оно ориентировано в субмеридиональном направлении. Изогипса, замыкающая структуру, равна 2600 м. Размер ЛП $3,6 \times 8$ км, амплитуда 50 м, площадь 24 км^2 , удельная кривизна $1,2 \times 10^{-4}$, удлинение не превышает 3.

Колобокское ЛП расположено в центральной части Танадинского вала. Типично линейно вытянутая структура с удлинением 4,1. Размеры ЛП $4,8 \times 19,6$ км, амплитуда 150 м, площадь 74 км^2 , удельная кривизна $3,7 \cdot 10^{-4}$.

Изложенные материалы позволяют сделать некоторые выводы о распределении основных структурных параметров, характеризующих складки рифейских отложений (амплитуда, площадь, складки, ее удельная кривизна и т. д.). Структурные элементы рассматриваемого региона разнообразны по своим морфологическим особенностям.

Весьма характерно, что ориентировка мелких структур (региональных структур второго порядка по отношению к более крупной — Куюмбинскому мегавалу и т. д.) согласуется с простираанием более крупных (рис. 16).

Удлинение рассматриваемых структур колеблется от 1,9 до 7. Выделяются три группы структурных элементов с различным удлинением: малым $q \leq 2$, средним $q = 2,1 - 3$ и большим $q > 3$. В пределах рассматриваемой площади преобладают линейно вытянутые структуры со средним и большим удлинением. В эти группы входит основное число региональных структур и локальных поднятий. По всей видимости, формирование большинства региональных структур так или иначе связано с разрывными нарушениями.

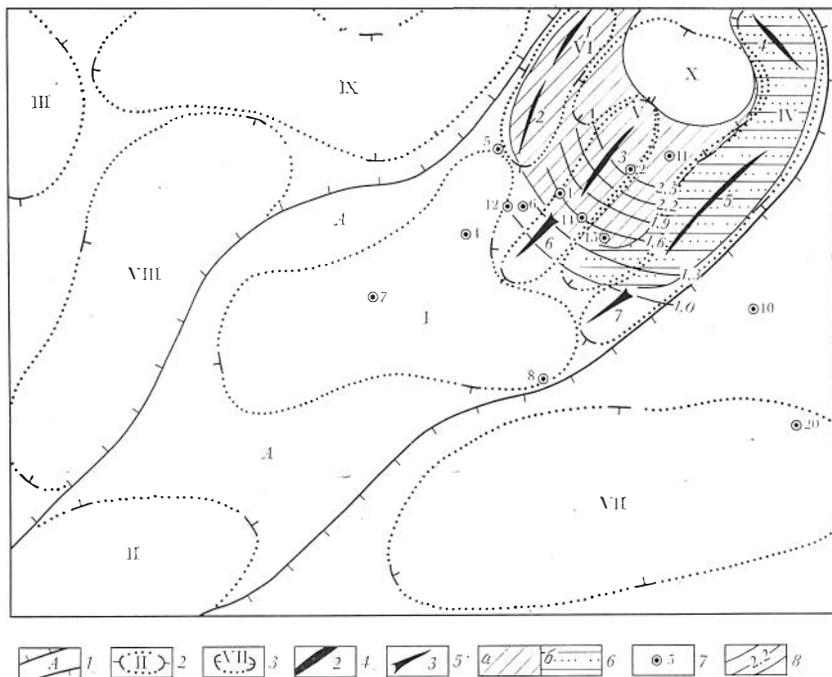


Рис. 16. Схема соотношений между степенью деформированности рифейских отложений и их пористостью. Составлена с использованием геолого-геофизических материалов ПГО Енисейнефтегазгеология и Енисейгеофизика.

Структуры: 1 — первого и второго порядка (2 — положительные, 3 — отрицательные); 4 — ось простирания локальных поднятий; 5 — структурный нос; 6 — удельная кривизна пликативных дислокаций: а — $5,1 \cdot 10^{-4}$ — $5 \cdot 10^{-3}$, б — $5,1 \cdot 10^{-5}$ — $5 \cdot 10^{-4}$; 7 — глубокие скважины; 8 — значения пористости рифейских отложений. А — Куюмбинский мегавал. Купола: 1 —

Шимковский, 11 — Юрубченский, 111 — Юдуконский; вали: 1V — Танадинский, V — Рассолкинский, VI — Сользаводский, VII — Мадринский, VIII — Чандулейский, IX — Турамский, X — Кукушинский; ЛП: 1 — Додыктинское, 2 — Шинверское, 3 — Юктамакитское, 4 — Аяктинское, 5 — Колобокское; структурные носы: 6 — Усть-Куюмбинский, 7 — Балагаринский

Значение амплитуды положительных региональных структур второго порядка, осложняющих Куюмбинский мегавал, колеблется в небольших пределах — от 350 до 450 м. Наибольшая величина их отмечается на Танадинском валу.

Размеры площадей ЛП варьируют от 20 до 75 км², величины амплитуды — от 50 до 150 м. Анализ распределения этих параметров свидетельствует о приуроченности их наибольших значений к восточной, северо-восточной частям Куюмбинского мегавала.

Величина удельной кривизны локальных поднятий изменяется от $1,2 \cdot 10^{-4}$ (Аяктинское ЛП) до $9,9 \cdot 10^{-4}$ (Додыктинское ЛП). Относительно высокие значения этого показателя тяготеют к северной и северо-западной частям Куюмбинского мегавала. Это говорит об относительно высокой деформированности осадочных отложений в районе данных участков. Обращает на себя внимание приуроченность относительно высоких значений пористости рифей-

ских отложений к полю повышенной деформированности осадочных пород (см. рис. 16).

Камовский свод. Светланинское ЛП расположено в северо-западной части свода. Структура ориентирована с северо-запада на юго-восток. Размеры ее 22×29 км, амплитуда 50 м, площадь $487,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $1 \cdot 10^{-6}$, удлинение 1,3.

Оленчиминское ЛП приурочено к западной части свода и ориентировано с северо-запада на юго-восток. Размеры ЛП 7×21 км, амплитуда 50 м, площадь 125 км^2 , удельная кривизна $3,8 \cdot 10^{-5}$, удлинение 3.

Мукуйское ЛП находится в северо-западной части свода. Структура ориентирована с северо-запада на юго-восток, размеры ее 20×33 км, амплитуда 50 м, площадь $537,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $1 \cdot 10^{-6}$, удлинение 1,7.

Гуруминское ЛП простирается с северо-запада на юго-восток в западной части свода. Размеры ЛП 5×20 км, амплитуда 50 м, площадь $112,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $7,5 \cdot 10^{-5}$, удлинение 4.

Мухенское ЛП приурочено к западной части свода и ориентировано с северо-запада на юго-восток. Размеры ЛП 8×13 км, амплитуда 50 м, площадь $87,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $4,9 \cdot 10^{-5}$, удлинение 1,6.

Коребинское ЛП прослеживается в западной части свода на протяжении более 21 км при ширине 7 км. Длинная ось ориентирована с запада на восток, амплитуда 50 м, площадь $112,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $4,2 \cdot 10^{-5}$, удлинение 3.

Енгидинское ЛП находится в северо-западной части свода и ориентировано с северо-запада на юго-восток. Размеры ЛП 20×59 км, амплитуда 25 м, площадь $1062,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $1 \cdot 10^{-7}$, удлинение 3.

Хытыкитское ЛП с северо-востока на юго-запад протягивается в северо-восточной части свода. Размеры его 13×22 км, амплитуда 50 м, площадь 225 км^2 , удельная кривизна $7 \cdot 10^{-6}$, удлинение 1,7.

Усть-Талаканское ЛП находится на западной окраине свода. Структура ориентирована с северо-запада на юго-восток. Размеры ее 13×22 км, амплитуда 25 м, площадь 225 км^2 , удельная кривизна $7 \cdot 10^{-6}$, удлинение 1,7.

Петимское ЛП ориентировано в субмеридиональном направлении. Занимает западную часть свода. Размеры ЛП 17×29 км, амплитуда 75 м, площадь 400 км^2 , удельная кривизна $3 \cdot 10^{-6}$, удлинение 1,7.

Малобугариктинское ЛП приурочено к западной части свода. Структура ориентирована с северо-востока на юго-запад. Размеры ее 4×18 км, амплитуда 50 м, площадь 75 км^2 , удельная кривизна $2 \cdot 10^{-4}$, удлинение 4,5.

Верхнетохомское ЛП расположено в юго-западной части свода. Ориентировка структуры субмеридиональная. Размеры ее 23×50 км, амплитуда 75 м, площадь 1125 км^2 , удлинение 2,2, удельная кривизна $6 \cdot 10^{-7}$.

Соболинское ЛП с северо-запада на юго-восток простирается на северной окраине свода. Размеры ЛП 4×9 км, амплитуда 50 м, площадь 50 км^2 , удлинение 2,3, удельная кривизна $3 \cdot 10^{-4}$.

Восточно-Гаиндинское ЛП осложняет северную часть свода. Структура ориентирована с северо-запада на юго-восток. Размеры ее 6×25 км, амплитуда 50 м, площадь $143,8 \text{ км}^2$, удлинение 4,2, удельная кривизна $4 \cdot 10^{-5}$.

Бирчанское ЛП прослеживается с востока на запад на севере свода на протяжении более 20 км при ширине 13 км. Амплитуда ЛП 50 м, площадь 225 км^2 , удлинение 1,5, удельная кривизна $7 \cdot 10^{-6}$.

Нокумское ЛП осложняет север поднятия и ориентировано в субмеридиональном направлении. Размеры его 5×8 км, амплитуда 50 м, площадь $31,3 \text{ км}^2$, удлинение 1,6, удельная кривизна $3,6 \cdot 10^{-4}$.

Апрельское ЛП приурочено к центральной части свода, где оно простирается в широтном направлении. Размеры ЛП 6×8 км, амплитуда 50 м, площадь 50 км^2 , удлинение 1,5, удельная кривизна $1,7 \cdot 10^{-4}$.

Бугарикское ЛП простирается с запада на восток в центральной части свода. Размеры ЛП 5×13 км, амплитуда 50 м, площадь $62,5 \text{ км}^2$, удлинение 2,6, удельная кривизна $1,5 \cdot 10^{-4}$.

Усть-Куюмбинское ЛП ориентировано с северо-запада на юго-восток, расположено в центральной части свода. Размеры ЛП 8×19 км, амплитуда 25 м, площадь 150 км^2 , удлинение 2,4, удельная кривизна $1,5 \cdot 10^{-5}$.

Юрубченское ЛП прослеживается на протяжении около 33 км при ширине 22 км в юго-западной части свода. Структура имеет субмеридиональное направление. Амплитуда ее 75 м, площадь 600 км^2 , удлинение 1,5, удельная кривизна $1 \cdot 10^{-6}$.

Нижнеюрубченское ЛП находится в юго-западной части свода и ориентировано в субмеридиональном направлении. Размеры ЛП 4×8 км, амплитуда 25 км, площадь 25 км^2 , удлинение 2, удельная кривизна $3 \cdot 10^{-4}$.

Северо-Выдрышевское ЛП осложняет юго-западную часть Камовского поднятия. Структура ориентирована с юго-запада на северо-восток. Размеры ее 5×23 км, амплитуда 50 м, площадь $112,5 \text{ км}^2$, удлинение 4,6, удельная кривизна $7,4 \cdot 10^{-5}$.

Южно-Выдрышевское ЛП простирается с северо-запада на юго-восток в юго-западной части свода. Размеры ЛП 12×23 км, амплитуда 50 м, площадь $212,5 \text{ км}^2$, удлинение 1,9, удельная кривизна $9 \cdot 10^{-6}$.

Ядульское ЛП занимает южную часть свода и ориентировано с юго-запада на северо-восток. Размеры ЛП 8×22 км, амплитуда 50 м, площадь 175 км^2 , удлинение 2,8, удельная кривизна $9 \cdot 10^{-6}$.

Тыганское ЛП прослеживается с юго-запада на северо-восток на северной окраине свода. Размеры его 7×12 км, ампли-

туда 50 м, площадь 62,5 км², удлинение 1,7, удельная кривизна $9 \cdot 10^{-5}$.

Огневское ЛП прослеживается в северной части свода с северо-запада на юго-восток на протяжении 15 км при ширине не более 5 км. Амплитуда ЛП 50 м, площадь 75 км², удлинение 3, удельная кривизна $1,2 \cdot 10^{-4}$.

Нойское ЛП занимает север свода и ориентировано с северо-запада на юго-восток. Размеры его 5×12 км, амплитуда 50 м, площадь 75 км², удлинение 2,4, удельная кривизна $1,3 \cdot 10^{-4}$.

Восточно-Куюмбинское ЛП осложняет центральную часть свода. Структура ориентирована с северо-запада на юго-восток. Размеры ее 7×8 км, амплитуда 50 м, площадь 50 км², удлинение 1,1, удельная кривизна $1,4 \cdot 10^{-4}$.

Верхнедулисинское ЛП расположено в центральной части свода и ориентировано в субширотном направлении. Размеры ЛП 10×20 км, амплитуда 75 м, площадь 162,5 км², удлинение 2, удельная кривизна $2,3 \cdot 10^{-5}$.

Косьвинское ЛП находится в центральной части свода и ориентировано в субмеридиональном направлении. Размеры ЛП 26×40 км, амплитуда 75 м, площадь 762,5 км², удлинение 1,5, удельная кривизна $8 \cdot 10^{-7}$.

Верхнетаггинское ЛП с северо-запада на юго-восток простирается в южной части свода. Размеры его 18×34 км, амплитуда 150 м, площадь 550 км², удлинение 1,9, удельная кривизна $5 \cdot 10^{-6}$.

Хугимуканское ЛП с северо-востока на юго-запад прослеживается в северо-восточной части свода. Размеры его 12×14 км, амплитуда 50 м, площадь 150 км², удлинение 1,2, удельная кривизна $1,6 \cdot 10^{-5}$.

Таимбинское ЛП расположено в центральной части свода, где простирается с северо-востока на юго-запад. Прослеживается на протяжении 20 км при ширине 14 км, амплитуда 50 м, площадь 250 км², удлинение 1,4, удельная кривизна $6 \cdot 10^{-6}$.

Верховское ЛП осложняет центральную часть свода. Структура ориентирована с северо-востока на юго-запад. Размеры ее 7×17 км, амплитуда 25 м, площадь 112,5 км², удлинение 2,4, удельная кривизна $2 \cdot 10^{-5}$.

Иркинеево-Чадобецкое ЛП приурочено к юго-восточной части свода. Направление простираения с юго-востока на северо-запад. Размеры ЛП 18×32 км, амплитуда 125 м, площадь 575 км², удлинение 1,8, удельная кривизна $3 \cdot 10^{-6}$.

Шушукское ЛП с юго-запада на северо-восток прослеживается на северо-востоке свода. Размеры его 5×6 км, амплитуда 50 м, площадь 25 км², удлинение 1,2, удельная кривизна $5,4 \cdot 10^{-4}$.

Дегдалинское ЛП расположено в восточной части свода, где оно простирается с юго-запада на северо-восток. Размеры ЛП 8×12 км, амплитуда 50 м, площадь 75 км², удлинение 1,5, удельная кривизна $6,1 \cdot 10^{-5}$.

Емболоканское ЛП осложняет восточную часть свода и простирается с юго-востока на северо-запад. Размеры ЛП 8×13 км, амплитуда 25 м, площадь $87,5 \text{ км}^2$, удлинение 1,6, удельная кривизна $2 \cdot 10^{-5}$.

Хурламское ЛП приурочено к восточной части свода и ориентировано с юго-запада на северо-восток. Размеры ЛП 16×24 км, амплитуда 50 м, площадь 325 км^2 , удлинение 1,5, удельная кривизна $3,5 \cdot 10^{-6}$.

Оскобинское ЛП простирается с юго-запада на северо-восток на восточной окраине свода. Размеры ЛП 5×23 км, амплитуда 50 м, площадь $112,5 \text{ км}^2$, удлинение 4,6, удельная кривизна $7,4 \cdot 10^{-5}$.

Сользаводское ЛП ориентировано с юго-запада на северо-восток и расположено в восточной части свода. Размеры поднятия 10×17 км, амплитуда 50 м, площадь 125 км^2 , удельная кривизна $2,2 \cdot 10^{-5}$.

Мадашинское ЛП простирается с юго-запада на северо-восток на юге свода. Размеры его 8×19 км, амплитуда 50 м, площадь 125 км^2 , удлинение 24, удельная кривизна $3 \cdot 10^{-5}$.

В пределах территории Камовского свода на уровне нижнекембрийских отложений выявлено около 50 ЛП. Амплитуды изученных складок изменяются от 25 до 150 м. При этом амплитуды до 50 м имеют около 50 % структур, от 50 до 150 м — несколько более 20 %. Высокоамплитудные поднятия располагаются в основном в южной и юго-западной частях свода (см. рис. 16).

Отмечается колебание величин удлинений структур (от 1,1 до 4,6). Несколько преобладают положительные поднятия (60 %) с удлинением до 2 м. Удлинения 3 и более имеют около 40 % структур.

Длинные оси складок изменяются от первых десятков километров до 60—70 км, существенно преобладают (75 %) структуры длиной до 20 км. Короткие оси ЛП колеблются от первых километров до 25 км, при этом ширину до 10 км имеет 57 % структур, более 20 км — 18 %.

Площади ЛП изменяются от первых десятков квадратных километров до $300\text{—}400 \text{ км}^2$; около 30 % структур имеют площади от 25 до 100 км^2 , а более 30 % — от 101 до 200 км^2 . Структуры, площади которых превышают 300 км^2 , составляют около 18 %, причем наибольшие по размерам поднятия располагаются в южной и юго-западной частях свода. Таким образом, в целом в пределах Камовского свода преобладают локальные структуры средних размеров (рис. 17).

Значения удельной кривизны поднятий колеблются в широких пределах — от $1,0 \cdot 10^{-7}$ до $1,0 \cdot 10^{-3}$. Существенно преобладают структуры (более 55 %) с удельной кривизной $1,1 \cdot 10^{-6}\text{—}5 \cdot 10^{-5}$. Локальные поднятия, удельная кривизна которых по нижнекембрийским отложениям равны $1,1 \cdot 10^{-4}\text{—}5 \cdot 10^{-4}$, составляют 1 %, а $5,1 \cdot 10^{-4}\text{—}1 \cdot 10^{-3}$ — 2 %.

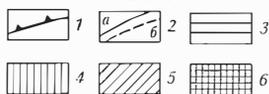
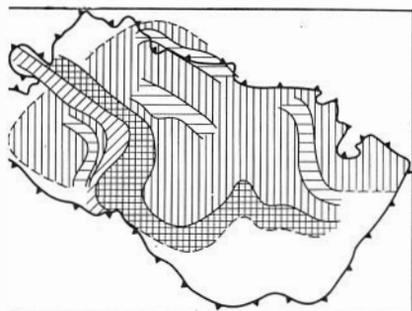


Рис. 17. Схема группировки локальных поднятий по размерам их площадей в пределах Камовского свода Байкитской антеклизы. Составлена с использованием геолого-геофизических материалов ПГО Енисейнефтегазгеология и Енисейгеофизика:

1 — границы Камовского свода; 2 — контуры распределения размеров площадей ЛП (*a* — достоверные, *б* — предполагаемые); площади ЛП, км²: 3 — 100 и менее, 4 — 101–300, 5 — 301–500, 6 — 501 и более

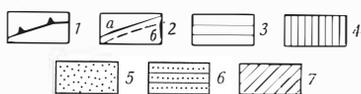
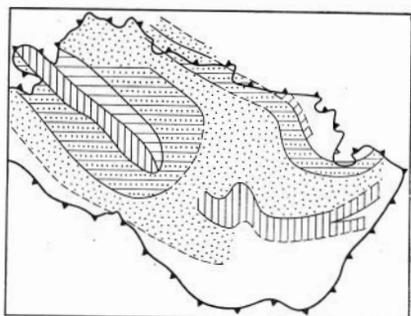


Рис. 18. Схема распределения удельной кривизны локальных поднятий Камовского свода Байкитской антеклизы. Составлена с использованием геолого-геофизических материалов ПГО Енисейнефтегазгеология:

1 — границы Камовского свода; 2 — контуры распределения удельной кривизны ЛП: *a* — достоверные, *б* — предполагаемые; удельная кривизна ЛП: 3 — $5 \cdot 10^{-5}$ и менее, 4 — $5,1 \cdot 10^{-5}$ – $5 \cdot 10^{-4}$; 5 — $5,1 \cdot 10^{-4}$ – $5 \cdot 10^{-3}$; 6 — $5,1 \cdot 10^{-3}$ – $5 \cdot 10^{-2}$; 7 — $5,1 \cdot 10^{-2}$ и более

Анализ распределения степени деформированности ЛП по нижнекембрийским отложениям свидетельствует о приуроченности их наименьших значений к приосевой части Камовского свода (рис. 18). Небольшая удельная кривизна характерна для структур, вытягивающихся цепочкой с северо-запада на юго-восток (Енгидинская — $1 \cdot 10^{-6}$, Мухенская — $5 \cdot 10^{-5}$, Талаканская — 7×10^{-6} , Юрубченская — $1 \cdot 10^{-6}$ и др.). На восточном продолжении этого слабдеформированного поля находится Ванаварское газоконденсатное месторождение (за пределами свода). Повышенная деформированность нижнекембрийских отложений отмечается в северной и северо-западной частях изучаемой территории. Значения удельной кривизны ЛП там колеблются от $1 \cdot 10^{-4}$ до $7 \cdot 10^{-5}$ и $5,1 \cdot 10^{-4}$ (см. рис. 18). Вблизи зоны сочленения разноразноформированных полей (интервалы колебаний от $5 \cdot 10^{-7}$ до $5,1 \cdot 10^{-5}$ – 5×10^{-4}) находится Куюмбинская площадь, которая на уровне рифейских отложений дает промышленные притоки нефти.

ВИЛЮЙСКАЯ СИНЕКЛИЗА

Вилюйская синеклиза расположена на востоке Сибирской платформы, в бассейне нижнего и среднего течения р. Вилюя. С северным склоном Алданской и юго-восточным склоном Анабарской антеклиз Вилюйская синеклиза сопряжена зонами резкого увеличения мощностей верхнепротерозойских и нижнепалеозойских отложений. Юго-западная граница синеклизы проходит по линии северо-восточных окончаний структур Предбайкальского прогиба, а восточная — по Якутско-Тыркандинской зоне глубинных разломов. На северо-востоке синеклизы сливается с центральной частью Предверхоанского прогиба. Граница между нею и прогибом проведена условно по линии изменения простираний локальных структур.

Синеклиза выполнена верхнепротерозойскими, палеозойскими, мезозойскими и кайнозойскими отложениями, суммарная мощность которых изменяется от 400—500 до 10 000—12 000 м и более.

Лучше других изучены мезозойско-кайнозойские отложения. Они вскрыты многими опорными, поисково-разведочными и структурно-картировочными скважинами. Мощность их в центральной и восточной частях синеклизы изменяется от 2900—3000 м на Нижневилюйском поднятии до 5000—5800 м в Линденской впадине. Увеличение мощности этих образований происходит в основном за счет меловых осадков. К бортам синеклизы мощность мезозойско-кайнозойских отложений сокращается вплоть до полного выклинивания.

В целом осадочный чехол синеклизы имеет сложное строение. В нем выделяются структуры первого, второго и третьего порядков. Наиболее крупные тектонические элементы синеклизы — Хапчагайский мегавал, Сунтарский свод и сопряженные с ними Ыгыатинская, Кемпендяйская, а также Лунхинская и Линденская впадины Предверхоанского прогиба.

Ниже приводятся результаты исследования структур первого и второго порядков с последующей их классификацией. Локальные поднятия анализируются в основном по пермо-триасовому горизонту.

ХАРАКТЕРИСТИКА КРУПНЫХ СТРУКТУР

Пространственное расположение тектонических элементов разного порядка отражено на рис. 19. Изучены следующие параметры складок: средние размеры, амплитуда, площадь, ориентировка в пространстве, удлинение, степень деформированности. Кроме того, разработана морфологическая классификация складок с учетом рекомендаций Ленинградского совещания по классификации платформенных структур (1963 г.).

Всего в пределах рассматриваемого региона в плане отчетливо выделяются 12 структурных элементов, среди которых три моноклинали — Бескюэльская и Хоргочумская на северном и южном обрамлениях синеклизы и Тюкян-Чебыдинская в ее центральной части. Из положительных региональных структур (мегавалы, своды) две относятся к первому порядку, четыре (куполовидные поднятия, выступы) — ко второму (табл. 9, 10), из отрицательных четыре (впадины) — к первому и две (рвы) — ко второму. При этом моноклинали занимают 28 % общей площади изучаемого региона, отрицательные структуры 60 % и положительные 13 %. Рассмотрим наиболее крупные структуры по нижнемезозойским отложениям.

Сунтарский свод вытянут с юго-запада на северо-восток на 190 км при ширине около 90 км и удлинении 2,1. Он имеет овальную форму, а в поперечном сечении коробчатое строение с крутыми склонами и довольно пологим сводом. В направлении Ыгыаттинской и Кемпендяйской впадин от поднятия породы фундамента, верхнего протерозоя и нижнего палеозоя погружаются по ступенчатым разломам.

В строении Сунтарского свода участвуют верхнепротерозойские, палеозойские и мезозойские отложения. Склоны его сложены образованиями верхнего протерозоя, нижнего и среднего палеозоя. Выше по разрезу с размывом залегают юрские отложения, которые в сводовой части ложатся либо непосредственно на кристаллические породы верхнего протерозоя, либо на образования нижнего кембрия. На северо-восточной периклинали поднятия развиты меловые отложения. Мощность мезозоя здесь достигает 1200—1300 м, а на юго-западной периклинали сокращается до 350—380 м.

Хапчагайский мегавал в современном структурном плане по кровле верхнепермских отложений представляет собой крупную положительную структуру первого порядка субширотного простирания. Длина его достигает 180 км, ширина 45 км. Это четко выраженная линейная структура с удлинением, достигающим 4. Впервые выделен в 1957 г. по результатам гравиметрической съемки. Поднятие отмечается в кристаллическом фундаменте и породах верхнего протерозоя — нижнего палеозоя.

Размеры и простирание Хапчагайского поднятия по рельефу фундамента и карбонатным породам верхнего протерозоя и нижнего палеозоя совпадают полностью. В мезозое отражаются только его западная и северо-западная части, остальные погребены под этими отложениями. Результаты комплекса геофизических исследований позволяют предполагать, что в строении разреза осадочного чехла Хапчагайского поднятия не участвуют отложения ордовика и силура и значительно сокращена мощность отложений кембрия и девона. В восточной части поднятия из разреза полностью выпадают отложения девона, карбона и перми. Вследствие глубокого погружения этой части поднятия в мезозое и осо-

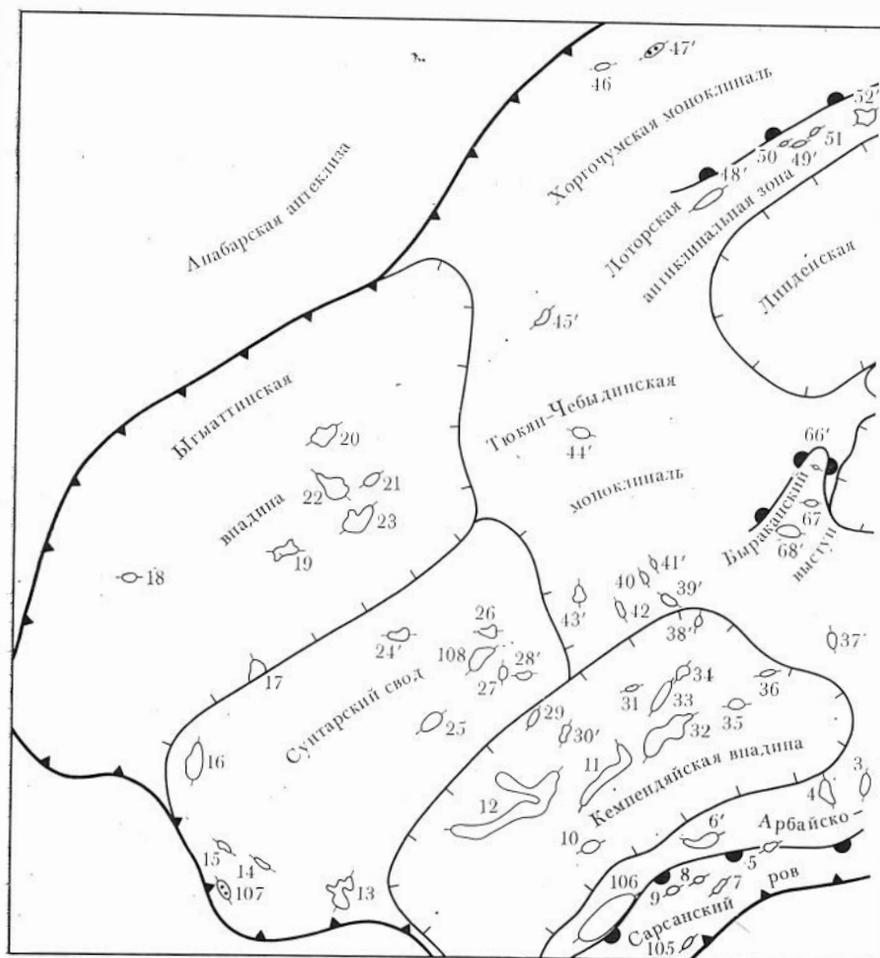
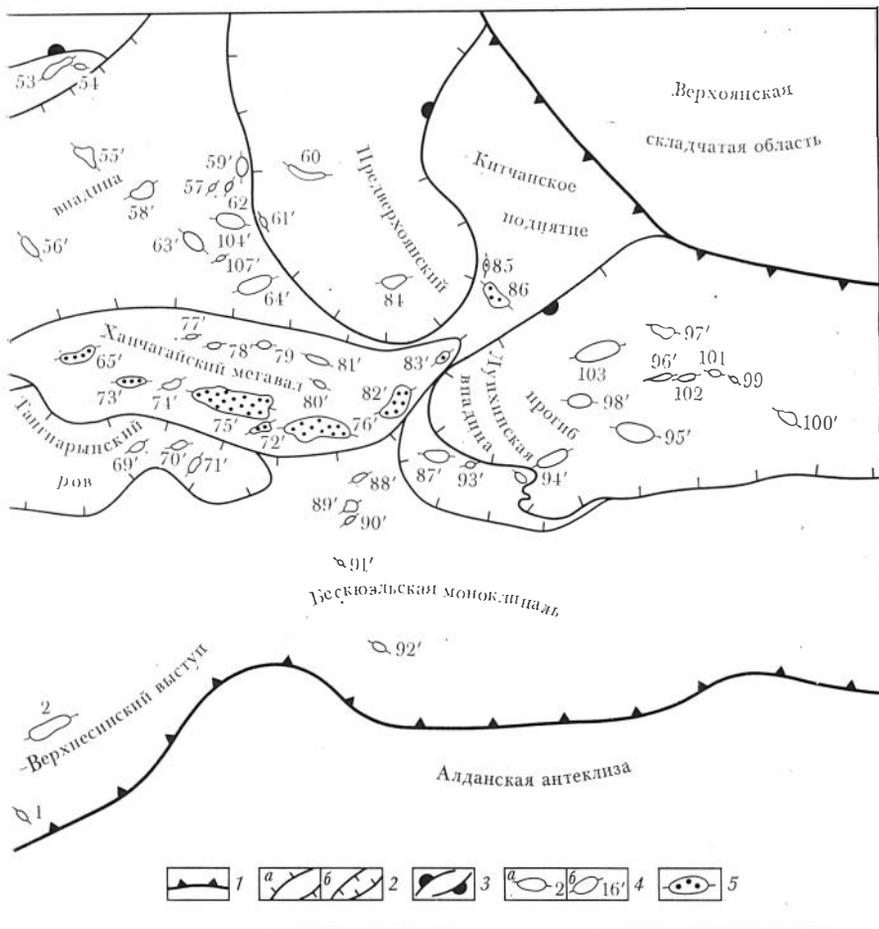


Рис. 19. Структурно-тектоническая схема Вилуйской синеклизы. Составлена с 1 — границы Вилуйской синеклизы (распределения мезозойских отложений), структуры: 2 — первого порядка (*a* — положительные, *b* — отрицательные); 3 — второго порядка, 4 — третьего порядка (*a* — неизученные, *b* — изученные по пермо-триасовым отложениям); 5 — местоорождения газа. Локальные поднятия: 1 — Куостанское, 2 — Урдаское, 3 — Угольное, 4 — Приразломное, 5 — Восточно-Кейиктесское, 6' — Аттан-Оттохское, 7 — Краевое, 8 — Кейиктесское, 9 — Центральное, 10 — Ханхарско-Малькское, 11 — Багинское, 12 — Кюндяйское, 13 — Сергелякское, 14 — Юлюгерское, 15 — Тенкенское, 16 — Буягинское, 17 — Западно-Шейнское, 18 —

Хампинское, 19 — Усть-Мейкское, 20 — Малькайское, 21 — Западно-Таландинское, 22 — Мейкское, 23 — Сыгдахское, 24' — Кюнкойское, 25 — Харылахское, 26 — Сарыланское, 27 — Маджигарское, 28' — Южно-Сарыланское, 29 — Южно-Элесинское, 30' — Атыякское, 31 — Среднетангуонское, 32 — Табасындское, 33 — Эльгенское, 34 — Куостакское, 35 — Эбэ-Ханское, 36 — Куостакское, 37 — Чебыдинское, 38' — Куостакское, 39' — Сырдахское, 40 — Каменистое, 41' — Ватулинское, 42 — Тонгуочанское, 43' — Бычардахское, 44' — Даркылахское, 45' — Южно-Сагытайское, 46 — Тюклянское, 47' — Тюнское, 48' — Экенское, 49' — Андылахское, 50 — Северо-Андылахское,

бенно нижнем мелу здесь накопилась толща терригенных образований, мощность которых увеличивается в северном направлении от 3200 до 5000 м. Как по фундаменту, так и по карбонатным по-



использованием геолого-геофизических материалов ПГО Ленанефтегазгеология:

51 — Безымянное, 52 — Верхнелинденское, 53 — Багатанское, 54 — Беренгойское, 55' — Хоромское, 56' — Балагачинское, 57' — Арнахское, 58' — Среднелинденское, 59' — Северо-Тампылоканское, 60 — Прибрежное, 61' — Бурское, 62 — Кюнкусское, 63' — Богдокуновое, 64' — Уоранское, 65' — Средневилуйское, 66' — Быраканское, 67 — Среднебыраканское, 68' — Южно-Быраканское, 69' — Южно-Хомустахское, 70' — Южно-Мастахское, 71' — Зимское, 72' — Соболюхское, 73' — Толонское, 74' — Северо-Кумакское, 75' — Мастахское, 76' — Неджелинское, 77' — Лонхолохское, 78' — Джекимдинское, 79 — Нижнебаппагайское, 80' — Люксюгунское, 81' — Хатырык-Хомское, 82' — Бадаранское, 83' — Нижневилуйское, 84 — Сылахское, 85 — Собо-Ханинское, 86 — Усть-Вилуйское, 87' — Южно-Бадаранское, 88' — Южно-Неджелинское, 89' — Чагдинское, 90' — Южно-Чагдинское, 91' — Байское, 92' — Андреевское, 93' — Среднелухнинское, 94' — Кобяйское, 95' — Олейское, 96' — Экседияское, 97' — Нижнечечумское, 98' — Бергейское, 99 — Белянское, 100' — Батамайское, 101 — Восточно-Баламаканское, 102 — Западно-Баламаканское, 103 — Сангарское, 104' — Тампынское, 105 — Кейпктесское, 106 — Одойское, 107 — Вилуйское-Джербинское, 108 — Южно-Сарыланское

родам верхнего протерозоя и нижнего палеозоя Хапчагайское поднятие со всех сторон ограничено зонами разломов амплитудой 1700 м.

Таблица 9
Морфология структур

Порядок	Положительные структуры	Размеры, км	Удлинение	Отрицательные структуры (впадины, рвы)	Размеры, км	Удлинение
I	Сунтарский свод Хапчагайский мегавал	90×190	2,1	Ыгыаттинская Линденская Кемпендэйская Лунхинская	100×230	2,3
		45×180	4,0		115×195 80×200	1,7 2,5
	Средние	68×185	2,72	Средние	94×196	2,1
II	Арбайско-Верхнесинский выступ Лоторская антиклинальная зона Китчанское поднятие Быраканский выступ	25×170	6,8	Сарсанский	25×190	7,6
		25×130	5,2		Тангарынский	35×125
		65×80	1,23			
		18×45	2,5			
	Средние	33×106	3,21	Средние	30×158	5,3

Таблица 10
Классификация структурных форм Вилюйской синеклизы

Класс	Порядок	Средние размеры ¹ , км	Положительные структуры		Отрицательные структуры
			замкнутые	полураскрытые, незамкнутые	
Региональные	I	68×185	Мегавалы, своды	Структурные носы, горстобразные выступы	Впадины
		94×196			
	II	33×106	Куполовидные поднятия		Рвы
		30×158			
Локальные	III	5×18	Локальные поднятия	Структурные носы	Локальные мульды

¹ В числителе — положительных структур, в знаменателе — отрицательных.

В настоящее время Хапчагайский мегавал — один из газоносных районов на востоке страны. В его пределах открыто пять крупных многопластовых газовых месторождений (Средневиллюйское, Толонское, Матахское, Соболах-Неджелинское и Бадаранское). Промышленная газоспособность связана в основном с верхнепермскими и нижнетриасовыми отложениями. Выявленные залежи характеризуются сложным строением.

Ыгыаттинская впадина расположена северо-западнее Сунтарского свода и вытянута с юго-запада на северо-восток. Средняя протяженность (средняя величина по разным сейсмическим горизонтам) равна 230 км при средней ширине 100 км. Отношение длины структуры к ширине составляет 2,3. Она выделена по данным гравиметрической съемки и подтверждена геологической съемкой и электроразведкой. По данным геологической съемки четко прослеживается юго-западное окончание впадины. Здесь в северо-восточном направлении наблюдается смена древних отложений молодыми. Так, вниз по течению р. Вилучана образования усть-кутской свиты сменяются отложениями эмякской свиты, а по р. Сигаану красноцветные породы усть-кутской свиты — силурийскими известняками.

Описываемая впадина выполнена верхнепротерозойскими, палеозойскими и мезозойскими отложениями. Мощность пород мезозоя увеличивается в северо-восточном направлении от 350 до 1300 м, мощность палеозойских отложений оценивается в 6800—6900 м, а верхнепротерозойских — в 625 м. Внутреннее строение Ыгыаттинской впадины изучено слабо, и, судя по геолого-геофизическим данным, оно различно по нижним и верхним горизонтам осадочного разреза. Додевонские отложения образуют четко выраженную, очень глубокую синклираль, выше по разрезу происходит выполаживание слоев пород вплоть до горизонтального и моноклиального их залегания [3].

Кемпендйская впадина находится юго-восточнее Сунтарского свода. Структура простирается с юго-запада на северо-восток на 15 км, ширина ее не превышает 80 км. Отношение длины к ширине составляет 2,5. Предположение о существовании этой впадины впервые было высказано по данным гравиметрических работ В. И. Арестом в 1939 г. и в дальнейшем подтвердилось сейсмо- и электроразведочными работами. Строение впадины изучали Г. С. Фрадкин, Г. Д. Бабаян, Г. В. Бархатов, А. К. Бобров и многие другие исследователи.

Как показали геофизические исследования и глубокое бурение, мощность девонских, нижнекаменноугольных и мезозойских отложений достигает во впадине 5900 м и более. Ниже отложений девона разрез осадочного чехла сложен образованиями нижнего палеозоя и верхнего протерозоя, мощность которых не превышает 4100 м. По породам палеозоя впадина имеет такие же форму и размеры, как по фундаменту [3].

Геологической съемкой во впадине выделена зона Кемпендйских дислокаций. В ее пределах работами Ф. А. Алексеева,

Н. М. Музыченко, Г. Э. Фришенфельда, Н. М. Чумакова, Г. С. Фрадкина, В. Ф. Филатова, А. М. Ченцова, Л. А. Бородина, В. И. Войвиченко и других исследователей выявлено 16 локальных поднятий. Они оконтуриваются по выходам красноцветных соленосных отложений девона в поле развития терригенных пород нижнего карбона и мезозоя. Как правило, на сводах структур расположены обширные котловины с озерами речного и карстового происхождения. Крылья их в рельефе совпадают с возвышенностями, грядами и пологими хребтами.

Кемпендяйские дислокации имеют северо-восточное простирание, морфология и размеры их довольно разнообразны. Здесь установлены антиклинали и брахиантиклинали площадью от 10 до 130 км² (по обнажениям); протяженность наиболее крупных 30 км. Структуры асимметричного строения с крутыми (до 60°) северо-западными и относительно пологими (до 40°) юго-восточными крыльями.

Проведенные в Кемпендяйской впадине рекогносцировочные сейсморазведочные исследования показывают, что по более глубоким горизонтам девона и нижнего палеозоя углы наклона пластов на крыльях Кемпендяйских дислокаций выполаживаются. В пределах дислокаций мощность соленосной части отложений девона значительно возрастает, поэтому вверх по разрезу структуры принимают куполовидную форму. Размеры структур с глубиной значительно увеличиваются.

Лунхинская впадина расположена на восточном продолжении Хапчагайского мегавала. Средние размеры ее по длинной оси составляют 160 км при ширине (средняя величина) 80 км. Удлинение 2. Контуры впадины определены сейсморазведочными работами. С севера она ограничивается крупным надвигом, а с северо-запада — флексуорообразным склоном Нижневилюйского поднятия. Впадина выполнена пермскими, мезозойскими и неогеновыми отложениями, которые залегают на нижележащих образованиях со стратиграфическим и угловым несогласиями. Суммарная мощность осадочных отложений увеличивается в северо-восточном направлении [3].

Линденская впадина ориентирована в субширотном направлении. Длинная ось протягивается (в среднем) до 195 км при ширине впадины (среднее значение) около 115 км. Удлинение составляет 1,7. Впервые выделена по верхнемеловым отложениям Ю. М. Пушаровским в 1954 г. под названием Нижнелинденской мульды. В последующем по мере накопления геофизических материалов ее строение и размеры уточнялись.

Структура выполнена отложениями верхнего протерозоя, палеозоя и мезозоя общей мощностью от 8000 м на бортах впадины до 12000 м и более в ее центральной части. Мощность одних только мезозойских отложений колеблется в пределах 4000—6400 м. Особенно велика (более 3000 м) мощность меловых отложений [3].

Строение Линденской впадины по верхнепалеозойским — мезозойским и нижезалегающим отложениям различно. По верхнепалеозойским — мезозойским отложениям она имеет треугольную форму и своей восточной частью входит в пределы Предверхо-янского прогиба. По залегающим ниже отложениям осадочного чехла, как и по рельефу кристаллического фундамента, впадина замкнута только на западе, юге и северо-западе, а на востоке открыта в сторону Верхоянского мегантиклинория. На северо-западе границы впадины по мезозойским и залегающим ниже отложениям не совпадают. Расстояние между ними 36—55 км. В целом строение впадины изучено слабо.

МОРФОЛОГИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПОДНЯТИЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ГРУППИРОВКИ ПО ПЛОЩАДИ, АМПЛИТУДЕ И УДЕЛЬНОЙ КРИВИЗНЕ

Складки третьего порядка в пределах Вилюйской синеклизы представлены антиклинальными структурами, брахиантиклиналями и разнообразными по строению мелкими антиклинальными перегибами. Значительное их число установлено сейсморазведочными и буровыми работами.

При выборе направления дальнейших нефтегазописковых работ, очередности ввода антиклинальных ловушек в глубокое бурение и для прогнозирования возможно продуктивных горизонтов большое значение имеет анализ фонда подготовленных поднятий в связи со сравнительной оценкой их перспектив. В целом антиклинальные структуры изучаемого региона не являются однотипными. В их строении принимают участие разные по возрасту литолого-стратиграфические комплексы. Они характеризуются различными размерами, амплитудами, удлинённостью, степенью деформированности и т. д. В пределах синеклизы по современному структурному плану на уровне пермо-триасовых отложений выделено более 40 структур третьего порядка.

Средневилюйское ЛП расположено в западной части Хапчагайского мегавала. Структура ориентирована с запада на северо-восток. Размеры ее $15 \times 32,2$ км, амплитуда 350 м, площадь $322,8$ км², удельная кривизна $2,4 \cdot 10^{-5}$, удлинение 2,15.

Толонское ЛП приурочено к юго-западной части Хапчагайского мегавала и ориентировано с запада на восток. Размеры ЛП $3,8 \times 6,2$ км, амплитуда 150 м, площадь $20,5$ км², удельная кривизна $2,8 \cdot 10^{-3}$, удлинение 1,6.

Северо-Кумакское ЛП находится на юге Хапчагайского мегавала. Структура простирается с юго-запада на северо-восток. Размеры ее $4 \times 7,5$ км, амплитуда 25 м, площадь 25 км², удельная кривизна $3,2 \cdot 10^{-4}$, удлинение 1,9.

Мастахское ЛП прослеживается с северо-запада на юго-восток на юге Хапчагайского мегавала. Размеры ЛП $9,6 \times 34$ км, амплитуда 253 м, площадь $215,3$ км², удельная кривизна $6,2 \cdot 10^{-5}$, удлинение 3,5.

Соболохское ЛП ориентировано с юго-запада на северо-восток и находится на юге Хапчагайского мегавала. Размеры поднятия $5,4 \times 10,8$ км, амплитуда 100 м, площадь $45,5$ км², удельная кривизна $3,7 \cdot 10^{-4}$, удлинение 2.

Неджелинское ЛП прослеживается с запада на восток на протяжении более 30 км при ширине 13 км в южной части Хапчагайского мегавала. Амплитуда складки 650 м, площадь 244 км², удельная кривизна $6,9 \cdot 10^{-5}$, удлинение 2,2.

Бадаранское ЛП приурочено к восточной части Хапчагайского мегавала и ориентировано с юго-запада на северо-восток. Размеры его 17×22 км, амплитуда 300 м, площадь 231,3 км², удельная кривизна $4,1 \cdot 10^{-5}$, удлинение 1,3.

Нижневилюйское ЛП расположено в восточной части Хапчагайского мегавала. Структура ориентирована с юго-запада на северо-восток. Размеры ее $4,9 \times 12,9$ км, амплитуда 150 м, площадь 60,9 км², удельная кривизна $8,1 \cdot 10^{-4}$, удлинение 2,6.

Люксюгунское ЛП занимает центральную часть Хапчагайского мегавала. Простирается субширотное. Размеры ЛП $3,6 \times 6,2$ км, амплитуда 125 м, площадь 20,5 км², удельная кривизна $2,8 \cdot 10^{-3}$, удлинение 1,7.

Хатырык-Хомское ЛП находится в северной части Хапчагайского мегавала. Длинная ось ориентирована с юго-востока на северо-запад. Размеры ЛП $3 \times 13,2$ км, амплитуда 75 м, площадь 44 км², удельная кривизна $8 \cdot 10^{-4}$, удлинение 4,4.

Нижебаппагайское ЛП осложняет северную часть Хапчагайского вала и ориентировано с запада на восток. Размеры его 2×5 км, амплитуда 100 м, площадь 12,5 км², удельная кривизна $9,3 \cdot 10^{-3}$, удлинение 2,5.

Лонхолохское ЛП расположено на севере Хапчагайского мегавала и ориентировано с запада на восток. Размеры ЛП 2×4 км, амплитуда 100 м, площадь 9,4 км², удельная кривизна $1,3 \cdot 10^{-1}$, удлинение 2.

Южно-Мастахское ЛП простирается с юго-запада на северо-восток в восточной части Тангнарынского рва. Размеры его $3,5 \times 6$ км, амплитуда 50 м, площадь 18,75 км², удельная кривизна $1,2 \cdot 10^{-3}$, удлинение 1,7.

Зимское ЛП находится в восточной части Тангнарынского рва. Структура вытянута с юго-запада на северо-восток. Размеры ее $6 \times 2,5$ км, амплитуда 50 м, площадь 12,5 км², удельная кривизна $3 \cdot 10^{-3}$, удлинение 2,4.

Южно-Хомустахское ЛП простирается с юго-запада на северо-восток в центральной части Тангнарынского рва. Размеры ЛП $3,6 \times 6,8$ км, амплитуда 50 м, площадь 18 км², удельная кривизна $1 \cdot 10^{-3}$, удлинение 1,9.

Бурское ЛП приурочено к северо-западной части Предверхоянского прогиба. Структура ориентирована с юго-востока на северо-запад. Размеры ее $1,5 \times 5$ км, амплитуда 50 м, площадь 6,25 км², удельная кривизна $1,6 \cdot 10^{-2}$, удлинение 1,8.

Южно-Бадаранское ЛП занимает западную часть Предверхоанского прогиба и имеет субширотное простирание. Размеры ЛП 5×15 км, амплитуда 50 м, площадь $62,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $1,4 \cdot 10^{-4}$, удлинение 3.

Среднелухнинское ЛП осложняет западную часть Предверхоанского прогиба и характеризуется субширотным простиранием. Размеры его $2,5 \times 5$ км, амплитуда 50 м, площадь $11,25 \text{ км}^2$, удельная кривизна $3,6 \cdot 10^{-3}$, удлинение 2.

Кобяйское ЛП расположено в центральной части Предверхоанского прогиба. Структура ориентирована с юго-запада на северо-восток. Размеры ее 5×16 км, амплитуда 50 м, площадь $71,9 \text{ км}^2$, удельная кривизна $1,2 \cdot 10^{-4}$, удлинение 3,2.

Олойское ЛП осложняет центральную часть Предверхоанского прогиба и имеет субширотное направление простирания. Размеры его 3×8 км, амплитуда 100 м, площадь 25 км^2 , удельная кривизна 2×10^{-3} , удлинение 2,7.

Бергейнское ЛП прослеживается на протяжении 19 км при ширине 3 км в центральной части Предверхоанского прогиба. Структура имеет широтное простирание. Амплитуда ее 100 м, площадь $62,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $7,3 \cdot 10^{-4}$, удлинение 6,3.

Эксендахское ЛП простирается с юго-запада на северо-восток в центральной части Предверхоанского прогиба. Размеры структуры 3×6 км, амплитуда 200 м, площадь $18,75 \text{ км}^2$, удельная кривизна $6 \cdot 10^{-3}$, удлинение 2.

Нижнечечумское ЛП приурочено к центральной части Предверхоанского прогиба. Структура имеет широтное простирание. Размеры ее 6×14 км, амплитуда 600 м, площадь 75 км^2 , удельная кривизна $1 \cdot 10^{-3}$, удлинение 2,3.

Батамайское ЛП протягивается с северо-запада на юго-восток в восточной части Предверхоанского прогиба. Размеры структуры 2×4 км, амплитуда 200 м, площадь $9,4 \text{ км}^2$, удельная кривизна $2,7 \cdot 10^{-2}$, удлинение 2.

Среднелинденское ЛП простирается с северо-запада на юго-восток. Размеры структуры 6×11 км, амплитуда 50 м, площадь $56,25 \text{ км}^2$, удельная кривизна $3,9 \cdot 10^{-4}$, удлинение 1,8.

Хоромское ЛП расположено в северной части Линденской впадины. Структура ориентирована с северо-запада на юго-восток. Размеры ее $6,3 \times 11,5$ км, амплитуда 50 м, площадь $57,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $1,3 \cdot 10^{-4}$, удлинение 1,8.

Богдокунское ЛП находится в юго-западной части Линденской впадины и ориентировано с юго-запада на северо-восток. Размеры ЛП 6×9 км, амплитуда 150 м, площадь 50 км^2 , удельная кривизна складки $6,1 \cdot 10^{-4}$, удлинение 1,5.

Уорангское ЛП приурочено к юго-западной части Линденской впадины. Структура ориентирована с юго-востока на северо-запад. Размеры ее 5×12 км, амплитуда 100 м, площадь $62,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $3 \cdot 10^{-4}$, удлинение 2,4.

Тампынское ЛП имеет субширотное простирание и расположено на восточном участке Линденской впадины. Размеры

структуры $4 \times 6,8$ км, амплитуда 25 м, площадь 23 км², удельная кривизна $4 \cdot 10^{-4}$, удлинение 1,7.

Северо-Тымпылоканское ЛП имеет субмеридиональное простирание. Размеры его 3×5 км, амплитуда 25 м, площадь 12,5 км², удельная кривизна $1,2 \cdot 10^{-3}$, удлинение 1,7.

Южно-Сарыланское ЛП простирается в восточной части Сунтарского свода в субширотном направлении. Размеры ЛП 2×7 км, амплитуда 25 м, площадь 15,6 км², удельная кривизна $1,7 \cdot 10^{-2}$, удлинение 3,5.

Куостяхское ЛП прослеживается в субмеридиональном направлении на севере Кемпендяйской впадины. Размеры структуры $4,2 \times 7,2$ км, амплитуда 75 м, площадь 22,5 км², удельная кривизна $1,1 \cdot 10^{-3}$, удлинение 1,7.

Эбэ-Хаинское ЛП осложняет восточную часть Кемпендяйской впадины. Простирание структуры субширотное. Размеры ее 2×5 км, амплитуда 50 м, площадь 11,25 км², удельная кривизна $5,2 \cdot 10^{-3}$, удлинение 2,5.

Атыякское ЛП протягивается с юго-запада на северо-восток в центральной части Кемпендяйской впадины. Размеры структуры 4×15 км, амплитуда 450 м, площадь 62,5 км², удельная кривизна $1,9 \cdot 10^{-3}$, удлинение 3,8.

Аттан-Оттохское ЛП в субширотном направлении простирается на западном участке Сарсанского рва. Размеры структуры $4 \times 11,5$ км, амплитуда 50 м, площадь 40,6 км², удельная кривизна $3,6 \cdot 10^{-4}$, удлинение 2,9.

Андреевское ЛП осложняет южную часть Бескюэльской моноклинали. Структура ориентирована с юго-запада на северо-восток. Размеры ее $7 \times 13,2$ км, амплитуда 150 м, площадь 95 км², удельная кривизна $2 \cdot 10^{-4}$, удлинение 1,9.

Южно-Неджелинское ЛП находится на северной окраине Бескюэльской моноклинали и ориентировано с юго-запада на северо-восток. Размеры структуры $4 \times 7,4$ км, амплитуда 75 м, площадь 24 км², удельная кривизна $1 \cdot 10^{-3}$, удлинение 1,9.

Байское ЛП с юго-востока на северо-запад простирается в центральной части Бескюэльской моноклинали. Размеры ЛП 4×11 км, амплитуда 50 м, площадь 37,5 км², удельная кривизна $3,8 \cdot 10^{-4}$, удлинение 2,8.

Чагдинское ЛП приурочено к северной части Бескюэльской моноклинали. Структура ориентирована с юго-востока на северо-запад. Размеры ее $5 \times 5,4$ км, амплитуда 75 м, площадь 8,5 км², удельная кривизна $2,7 \cdot 10^{-3}$, удлинение 1,1.

Южно-Чагдинское ЛП расположено в центральной части Бескюэльской моноклинали и ориентировано с юго-запада на северо-восток. Размеры ЛП 3×11 км, амплитуда 100 м, площадь 31,25 км², удельная кривизна $1,5 \cdot 10^{-3}$, удлинение 3,7.

Тюнгское ЛП прослеживается на протяжении более 23 км при ширине около 4 км в северной части Хоргочумской моноклинали. Структура ориентирована с юго-запада на северо-восток.

Размеры ее $3,8 \times 23$ км, амплитуда 300 м, площадь 65 км^2 , удельная кривизна $1,3 \cdot 10^{-3}$, удлинение 6,1.

Верхнелинденское ЛП простирается в субширотном направлении в восточной части Хоргоучумской моноклинали. Размеры ЛП $3,8 \times 11,6$ км, амплитуда 75 м, площадь $32,5 \text{ км}^2$, удельная кривизна $7,8 \cdot 10^{-4}$, удлинение 3,1.

Экеченское ЛП расположено на юге Хоргоучумской моноклинали. Длинная ось его направлена с юго-запада на северо-восток. Размеры поднятия $2,3 \times 3$ км, амплитуда 75 м, площадь $5,2 \text{ км}^2$, удельная кривизна $2 \cdot 10^{-2}$, удлинение 1,3.

В пределах Вилюйской синеклизы по современному структурному плану на уровне пермо-триасовых отложений изучено более 40 ЛП. Площади структур колеблются от первых десятков квадратных километров до $200\text{—}300 \text{ км}^2$. Большинство структур (60,5 %) имеет площадь до 50 км^2 , 25,6 % поднятий характеризуется площадью $51\text{—}100 \text{ км}^2$, а примерно для 12 % поднятий она составляет 100 км^2 . Амплитуды рассматриваемых складок изменяются от 25 до 300 м и более. Преобладают (41,86 %) структуры амплитудой от 51 до 150 м. Высоту до 50 м имеют 32,55 % поднятий, от 151 до 250 м — около 10 %, 251 м и более — 14 %. Складки характеризуются относительно изометричной формой. Удлинения их колеблются от 1,1 до 4 и весьма редко до 6. Около 40 % поднятий относится к категории малой вытянутости (удлинение до 2), 37 % — к категории средней вытянутости (удлинение до 3). Относительно вытянутые структуры (удлинение 3 и более) среди изученных составляют около 20 %. Ориентировка поднятий различная: от северо-западной до субширотной. Преобладают простирания с юго-запада на северо-восток.

Длинные оси складок изменяются от первых десятков километров до 40 км. Большая часть структур (более 88 %) имеет длину до 20 км, в том числе 12 % — 20 км и более. Длина малой оси изменяется от 2 до 17 км. В рассматриваемом районе большинство поднятий (75 %) имеет ширину до 6 км, 25 % структур — от 6 км и более. Анализ морфологических параметров показывает, что основное число ЛП в рассматриваемом регионе относится к категории малых и средних.

Значения удельной кривизны изучаемых структур колеблются в широких пределах — от $2,4 \cdot 10^{-5}$ до $1,3 \cdot 10^{-1}$. Для основного количества складок (49 %) они составляют $2,1 \cdot 10^{-4}\text{—}2 \cdot 10^{-3}$, для 32 % рассматренных структур — $2,1 \cdot 10^{-3}$ и более, для 18 % ЛП — $2 \cdot 10^{-5}\text{—}2 \cdot 10^{-4}$.

В целом деформации пермо-триасовых отложений Вилюйской синеклизы характеризуются неоднородностью распределения. Наиболее деформированные поля занимают северную, северо-западную, северо-восточную и восточную части исследуемого региона. Полоса повышенных деформаций проходит также в субширотном направлении, начиная от восточной окраины Бескюэльской моноклинали, через Тангнарынский прогиб и северную часть Кемпедяйской впадины (рис. 20). Значения удельной кривизны струк-

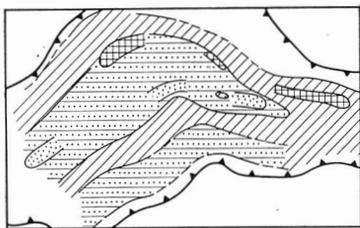
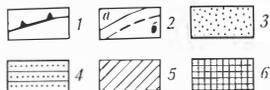


Рис. 20. Схема распределения удельной кривизны локальных поднятий Вилюйской синеклизы. Составлена с использованием геолого-геофизических материалов ПГО Ленанефтегазгеология:

1 — границы Вилюйской синеклизы (распространения мезозойских отложений); 2 — контуры распределения удельной кривизны ЛП: а — достоверные, б — предполагаемые; удельная кривизна ЛП: 3 — $5 \cdot 10^{-5}$ и менее, 4 — $5,1 \cdot 10^{-5}$ — $5 \cdot 10^{-4}$, 5 — $5,1 \cdot 10^{-4}$ — $5 \cdot 10^{-3}$, 6 — $5,1 \cdot 10^{-3}$ — $5 \cdot 10^{-2}$



тур здесь колеблются от $1,2 \cdot 10^{-3}$ (Южно-Мастахское ЛП) до $2,7 \cdot 10^{-3}$ (Чагдинское поднятие) и более. В средней части синеклизы отмечается поле повышенной деформации. В него попадают основные площади Хапчагайского мегавала и Линденской впадины, а также северо-восточное окончание Сунтарского свода (см. рис. 20). В пределах пониженного поля выделяется зона самых низких деформаций субширотного простирания. Значения удельной кривизны структур здесь варьируют от $3 \cdot 10^{-5}$ (Кюнкуюское поднятие) до $4,1 \cdot 10^{-5}$ (Бадаранская структура).

Полоса относительно низких деформаций отмечается также в южной части Вилюйской синеклизы. Она захватывает Арбайско-Верхнесинский выступ, Сарсанский прогиб, частично Кемпендяйскую впадину и южную часть Бескюэльской моноклинали.

Причину такого распределения деформаций можно объяснить взаимодействием отдельных геоблоков Сибирской платформы и Верхоянской складчатой области. Повышенные деформации восточной окраины Бескюэльской моноклинали и Лунхинской впадины, вероятно, являются следствием сжатия со стороны Алданской антеклизы и Верхоянской складчатой системы. Северо-западная и северо-восточная окраины синеклизы подвержены сжатию со стороны Анабарской антеклизы и Верхоянской складчатой системы (см. рис. 20). Оси максимального сжатия имеют северо-западное и северо-восточное простирание. В пользу этого (кроме распределения деформаций) свидетельствует расположение локальных структур в пределах Ыгытинской впадины, Хоргочумской моноклинали и Лоторской антиклинальной зоны.

ГЛАВА 5.

ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКИЙ ПРОГИБ

Сибирскую платформу с севера окаймляет цепочка связанных между собой мезозойских прогибов, объединяемых в Енисей-Ленский мегапрогиб, общая протяженность которого более 2000 км, ширина от 240 до 340 км. На западе прогиб как бы постепенно

переходит в Западно-Сибирский бассейн, а на востоке в узкий, но протяженный Приверхоанский прогиб.

Чем интересен Енисей-Хатангский прогиб? Это одно из наиболее крупных и полных по стратиграфическому объему мезозойских образований. Он более детально изучен бурением и сейсморазведкой по сравнению с восточными прогибами, поэтому материалы по нему более представительны для демонстрации возможностей рассмотренных ранее методических приемов.

Разрез мезозойских образований в западной части прогиба мало отличается от разреза северо-восточной части Западной Сибири. Здесь выявлены промышленные месторождения газа, а в последнее время получены и притоки нефти. В то же время в отличие от Западной Сибири строение осадочного покрова несравненно более сложное, требующее дополнительных приемов анализа.

Использование разработанной методики количественного анализа пликативных деформаций вовсе не означает отказ от традиционных методов и приемов качественного анализа и тем более противопоставление им. Рассматриваемая методика лишь дополняет арсенал методов структурного анализа пликативных дислокаций, решая в ряде случаев совершенно новые задачи.

ХАРАКТЕРИСТИКА КРУПНЫХ СТРУКТУР

Сравнительный анализ крупных поднятий мезозойского осадочного чехла западной и восточной частей прогиба

Енисей-Хатангский прогиб — один из перспективных нефтегазоносных бассейнов Севера Сибири. С его мезозойскими толщами в значительной степени связаны перспективы нефтегазоносности Енисей-Ленского мегапрогиба. Несмотря на то что ряд проблем, касающихся нефтегазоносности, геологического строения прогиба, природы его структуры на разных этапах развития, рассмотрен многими исследователями, некоторые вопросы остались недостаточно освещенными. В связи с появлением нового геолого-геофизического материала по рассматриваемому региону, в частности по восточной части его территории, возникла необходимость анализа мезозойских структур первого и второго порядков всего Енисей-Хатангского прогиба.

Пространственное размещение структур различного порядка отражено на рис. 21. В настоящее время геолого-геофизическими работами современная структура юрско-меловых отложений Енисей-Хатангского прогиба изучена с различной степенью детальности по пяти стратиграфическим горизонтам: подошве юрских отложений, верхней части среднеюрских образований, средней и верхней частям отложений неокома и средней части верхнемеловых отложений.

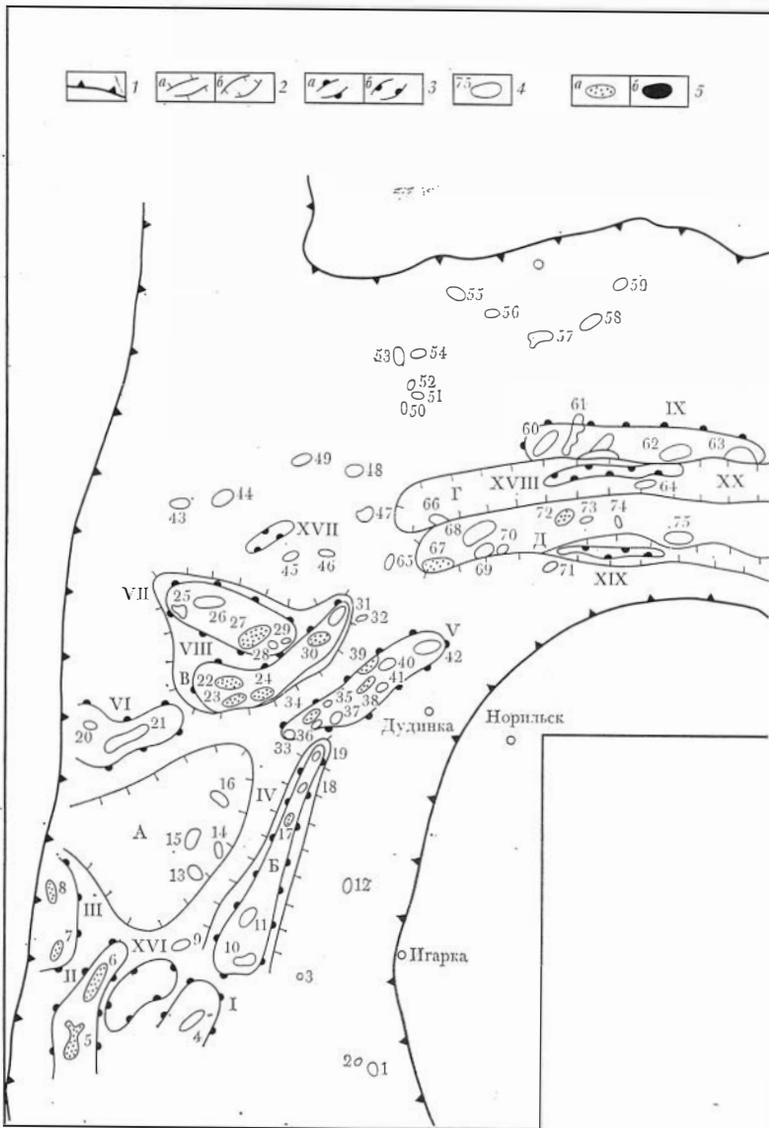
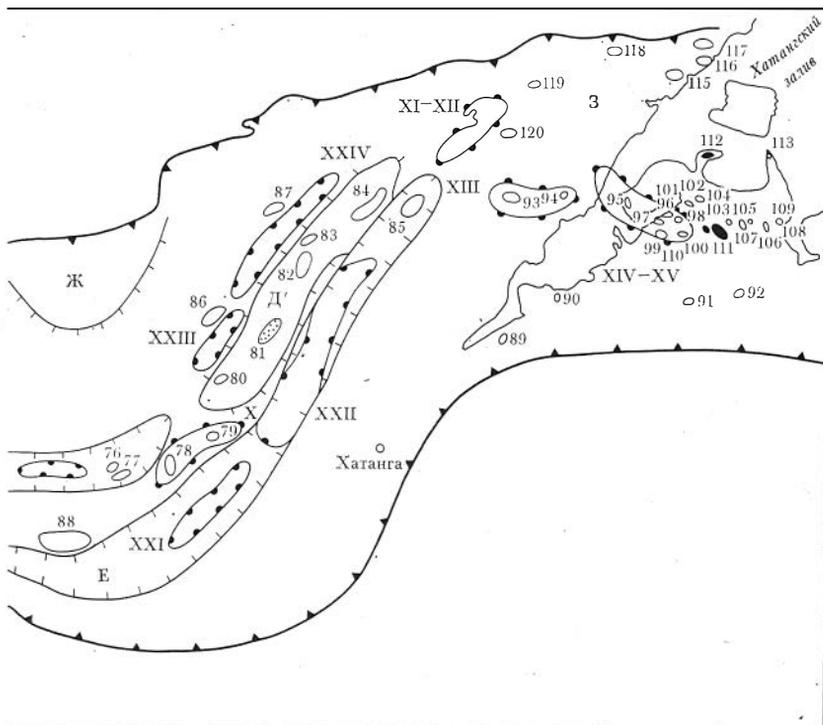


Рис. 21. Обзорная схема Енисей-Хатангского прогиба. Составлена с использованием геолого-геофизических материалов ПГО Енисейнефтегазгеология и Енисейгеофизика:

1 — границы распределения мезозойских отложений; структуры: 2 — первого порядка (а — положительные, б — отрицательные), 3 — второго порядка (а — положительные, б — отрицательные); 4 — локальные поднятия; 5 — месторождения (а — газовые, газоконденсатные, б — нефтяные полупромышленные). Мегавалы (МВ), своды (С), горсты-выступы (ГВ), желоба (Ж),

впадины (ВП), мульды (М): А — Пендомояхская ВП, Б — Большехетский МВ, В — Танамский С, Г — Центрально-Таймырский Ж, Д — Рассохинский МВ, Д' — Балахинский МВ, Е — Дудыптинско-Жданхинский Ж, Ж — Янголо-Горбитский ГВ, З — Анабаро-Хатангская М; валы (В), куполовидные поднятия (КП): 1 — Сидоровский В, 11 — Русский В, 111 — Усть-Тазовский В,



IV — Сузунский В, V — Малохетский В, VI — Мессовский В, VII — Таямский В, VIII — Мессояхско-Соленнинское КП, IX — Логовая группа инверсионных П, X — Курьинское КП, XI — Кирыко-Тасский выступ, XII — группа П сопки Белой, XIII — Харатумусский В, XIV—XV — Тянга-Анабарский В; рвы (Р): XVI — Среднетазовский Р, XVII — Носковский Р, XVIII — Агапский Р, XIX — Дудыттинский Р, XX — Пайтурминский Р, XXI — Баганидский Р, XXII — Жданихинский Р, XXIII — Южно-Кубалахский Р, XXIV — Турковский Р; локальные поднятия: 1 — Ерамаковское, 2 — Щучье, 3 — Советское, 4 — Сидоровское, 5 — Южно-Русское, 6 — Русское, 7 — Заполярье, 8 — Тазовское, 9 — Русско-Реченское, 10 — Тогульское, 11 — Лодочное, 12 — Арсеновское, 13 — Туколандское, 14 — Радинское, 15 — Ярояхинское, 16 — Гулямское, 17 — Сузунское, 18 — Южно-Тайгинское, 19 — Тайгинское, 20 — Западно-Мессовское, 21 — Восточно-Мессовское, 22 — Соленинское (северное крыло), 23 — Соленинское (южное крыло), 24 — Мессояхское, 25 — Паютское, 26 — Яровское, 27 — Пеляткинское, 28 — Ушаковское, 29 — Турковское, 30 — Казанцевское, 31 — Песчаное, 32 — Муксунинское, 33 — Горчинское, 34 — Зимнее, 35 — Семеновское, 36 — Тампейское, 37 — Майское, 38 — Нижнехетское, 39 — Малохетское, 40 — Точинское, 41 — Долганское, 42 — Суходудинское, 43 — Солпатинское, 44 — Оленье, 45 — Носковское, 46 — Поликарповское, 47 — Байкаловское, 48 — Яковлевское, 49 — Дербын-

ское, 50 — Восточно-Казачинское, 51 — Хабейское, 52 — Гольчихинское, 53 — Безымянное, 54 — Среднепуринское, 55 — Нижнепуринское, 56 — Деторакское, 57 — Худитинское, 58 — Нягамское, 59 — Тарейское, 60 — Дюрюсинское, 61 — Пуринское, 62 — Якимовское, 63 — Логовое, 64 — Среднепаянское, 65 — Пайяхское, 66 — Кубинское, 67 — Озерное, 68 — Верхнекубинское, 69 — Моховое, 70 — Еловейское, 71 — Крестовское, 72 — Джангодское, 73 — Рассохинское, 74 — Аясинское, 75 — Тундровое, 76 — Чойбинское, 77 — Летовское, 78 — Новое, 79 — Курьинское, 80 — Томотское, 81 — Балахнинское, 82 — Таймырское, 83 — Долгинское, 84 — Владимирское, 85 — Свердловское, 86 — Кубалахское, 87 — Байкурское, 88 — Волочанское, 89 — Блуднинское, 90 — Синдаское, 91 — Лалайское, 92 — Хоганское, 93 — Южно-Подкаменное, 94 — Белогорское, 95 — Хара-Тумусское, 96 — Кожевниковское, 97 — Ильинское, 98 — Ледовское, 99 — Сельяринское, 100 — Эджанское, 101 — Восточно-Чайдахское, 102 — Усть-Тянгинское, 103 — Западно-Чайдахское, 104 — Чайдахское, 105 — Чайдах-Гуримихское (западное), 106 — Чайдах-Гуримихское (восточное), 107 — Гуримихское, 108 — Эргу-Салинское, 109 — Усть-Гуримихское, 110 — Южно-Тянгинское (западное), 111 — Южно-Тянгинское (восточное), 112 — Нордвикское, 113 — Пахино-Бегичевское, 114 — Преображенское, 115 — Апрельское, 116 — Цветковское, 117 — Немцовское, 118 — Чернохребетническое, 119 — Подкаменное, 120 — Арылахское.

В связи с анализом складок первого и второго порядков возникла проблема проведения их границ. Гипсометрический принцип, основанный на использовании условных границ — замкнутых изогипс (хорошо выдерживающийся для складок третьего порядка), оказался недостаточным для крупных складок вследствие асимметрии воздымания их осей. Довольно часто отмечалось значительное воздымание оси складки от западной периклинали к своду и ее погружение от свода к восточной (северо-восточной) периклинали. В ряде случаев усреднение значений изогипс (взятых по отношению к прилегающим крупным отрицательным структурам) позволило оконтурить валы, мегавалы и т. д. и определить необходимые параметры (длину осей, амплитуду и т. д.). Характеристика тектонических структур дана в форме сравнительного анализа западной и восточной частей прогиба. Кроме основных параметров складок определены объем осадочного выполнения и число структур.

Кроме того, проведена классификация тектонических структур по В. Д. Наливкину и В. А. Клубову с учетом рекомендаций Ленинградского совещания по классификации платформенных структур (1963 г.). В качестве главных признаков приняты размеры и геометрическая форма складок. Это позволило выявить вытянутые складки, которые, как правило, связаны с разрывными нарушениями или унаследованы от более глубоких структур. Кроме того, появилась возможность дать общепринятые названия некоторым структурам, уточнить терминологию.

По размерам выделяются три группы складок (длина большой оси варьирует в широких пределах, табл. 11), измеряющихся: сотнями километров; первыми сотнями километров; единицами и первыми десятками километров. Эти группы совпадают с двумя классами и тремя порядками структур, широко принятыми в практике геологов-нефтяников. По форме складки всех размеров делятся на две группы (табл. 11 и 12): вытянутые (замкнутые) — длина обычно превышает ширину в 3 раза и более; изометричные (полураскрытые, незамкнутые), нередко имеющие одно крыло.

Всего в пределах рассматриваемого региона в плане отчетливо выделяются 34 складки первого и второго порядков. Две моноклинали — Покулихинская и Северо-Сибирская — находятся на южном обрамлении прогиба, третья — Южно-Таймырская — составляет северную его часть. Из положительных региональных структур (мегавалы, горсты-выступы) 5 относится к первому порядку, 14 (валы, куполовидные поднятия) — ко второму (см. табл. 12), из отрицательных структур 3 (желоба и т. д.) — к первому порядку и 9 (рвы) — ко второму. При этом моноклинали занимают 30 % общей площади рассматриваемого региона, отрицательные региональные структуры 54 % [31] и положительные 16 %. Рассмотрим крупные структуры западной и восточной частей прогиба.

Западная часть прогиба более полно изучена буровыми и сейсморазведочными работами, чем восточная. В ее пределах выделяется 13 положительных и 7 отрицательных структур первого и

Таблица 11
Морфология структур

Порядок	Положительные структуры	Размеры, км	Удлинение	Отрицательные структуры	Размеры, км	Удлинение
I	Большехетский мегавал	40×240	6	Пендомояхская впадина	120×195	1,62
	Танамский свод	120×190	1,58	Центрально-Таймырский желоб	50×540	10,8
	Рассохинский мегавал	40×540	13,5	Дудыптинско-Жданихинский желоб	36×710	19,7
	Янгодо-Горбитский выступ	(50—60)×180	3	Анабаро-Хатангская мульда	200×300	1,5
	Балахинский мегавал	40×260	—	Средние	102×436	4,28
II	Сидоровский вал	38×56	1,47	Среднетазовский ров	30×100	3,33
	Русский вал	30×130	4,33	Носковский ров	50×120	2,4
	Усть-Тазовский вал	30×94	3,13	Агапский ров	60×260	4,33
	Сузунский вал	26×190	7,3	Дудыптинский ров	(20—40)×200	5
	Малохетский вал	30×160	5,33	Пайтурминский ров	30×170	5,66
	Мессовский вал	50×100	2,2	Баганидский ров	18×130	7,22
	Танамский вал	40×118	2,95	Жданихинский ров	28×190	6,78
	Мессояхско-Соленинское куполовидное подняtie	30×130	4,33	Южно-Кубалахский ров	16×70	4,37
	Логовая группа инверсионных поднятий	30×180	6	Турковский ров	18×130	7,22
	Курьинское куполовидное подняtie	18×86	4,77			
	Кирык-Тасский выступ	16×76	4,75			
	Группа поднятий сопки Белой	22×74	3,36			
	Харатумусский вал	20×60	30			
	Тингяно-Анабарский вал	22×90				
	Средние	29×111	3,83	Средние	32×152	4,76

Таблица 12

Классификация структурных форм Енисей-Хатангского прогиба

Класс	Порядок	Средние размеры ¹ , км	Положительные структуры		Отрицательные структуры	
			замкнутые	полуоткрытые, незамкнутые		
Региональные	I	60×262	Мегавалы, длинные своды	Горсты-выступы, структурные носы, горстообразные уступы	Желоба, впадины	
		102×436				
	II	29×111	Валы, куполовидные поднятия		Структурные носы	Рвы
		32×152				
Локальные	III	9×29	Локальные поднятия, локальные купола	Локальные мулды, синклинали		

¹ В числителе — положительных структур, в знаменателе — отрицательных.

второго порядков (табл. 13, рис. 22). Средние размеры структур, среднее значение их удлинения и распределение структур по величине этого параметра, а также объем их осадочного выполнения приведены в табл. 13—18. Рассмотрим более подробно положительные структуры, представляющие наибольший нефтегазопромысловый интерес.

Большехетский мегавал вытянут в меридиональном направлении на 240 км при ширине 40 км и представляет собой четко выраженную линейную структуру со значительным удлинением. Средняя амплитуда по отношению к Пендомояжской впадине по подошве юрских отложений составляет 2,7 км, верхней части среднеюрских образований 1,65 км и средней части отложе-

Таблица 13

Число структур

Часть прогиба	Структуры первого порядка		Структуры второго порядка	
	положительные	отрицательные	положительные	отрицательные
Западная	4	2	9	5
Восточная	1	2	5	4

ний неокома 1,2 км. На Большехетском мегавалу расположена линейно вытянутая структура (Сузунский вал), имеющая значительные средние линейные размеры и большую величину параметра удлинения (см. табл. 11). Эта структура, в свою очередь, осложняется пятью ЛП, одно из которых является промышленно газоносным (рис. 22).

Танамский свод имеет округлые очертания, размеры 120×190 км. Удлинение его равно 1,58, средняя амплитуда по отношению к Пендомояхской, Юрибейской впадинам и Носковскому прогибу составляет по подошве юрских отложений 2 км, верхней части среднеюрских образований 1,6 км, средней части отложений неокома 1,25 км. Общая мощность юрско-меловых отложений по данным сейсморазведки МОВ составляет 5,5 км.

Эту крупную изометричную структуру (по глубоким горизонтам) осложняют Танамский вал и Мессояхско-Соленинское куполовидное поднятие, имеющие меньшие размеры и параметры удлинения (см. табл. 11). Эти структуры, в свою очередь, осложняются девятью ЛП, пять из которых промышленно газоносны.

Значительный объем осадочного выполнения по юрско-меловым отложениям (см. табл. 17) свидетельствует о большой площади структуры и относительно повышенной мощности осадочного чехла. По названным параметрам это самая большая из всех положительных структур в пределах рассматриваемого региона. К ней приурочены наиболее крупные промышленные запасы газа и газоконденсата.

Рассохинский мегавал вытянут в субширотном направлении на 540 км при средней ширине около 40 км. Отношение длины структуры к ширине составляет 13,5. Это ярко выраженная линейная структура. Ее происхождение и развитие связаны с наиболее крупными разрывными нарушениями, четко выделяющимися в доюрском комплексе. По данным сейсморазведки МОВ и глубокого бурения в пределах осложняющей мегавал Джангодской структуры отмечены разломы и в юрских отложениях, которые расчленяют эти поднятия на ряд блоков. Неравномерные движения отдельных блоков обусловили некоторое отличие структурных планов по юрским и нижнемеловым сейсмическим отражающим горизонтам. В целом рассматриваемая структура вылаживается в верхних горизонтах. Средняя амплитуда мегавала по отношению к северной (Центрально-Таймырский желоб) и южной (Дудьтинско-Жданихинский желоб) отрицательным структурам равна по подошве юрских отложений 2,4 км, верхней части среднеюрских образований 2,2 км, средней части отложений неокома 1,3 км. По объему осадочного выполнения (см. табл. 17) это вторая по величине структура в пределах изучаемого региона.

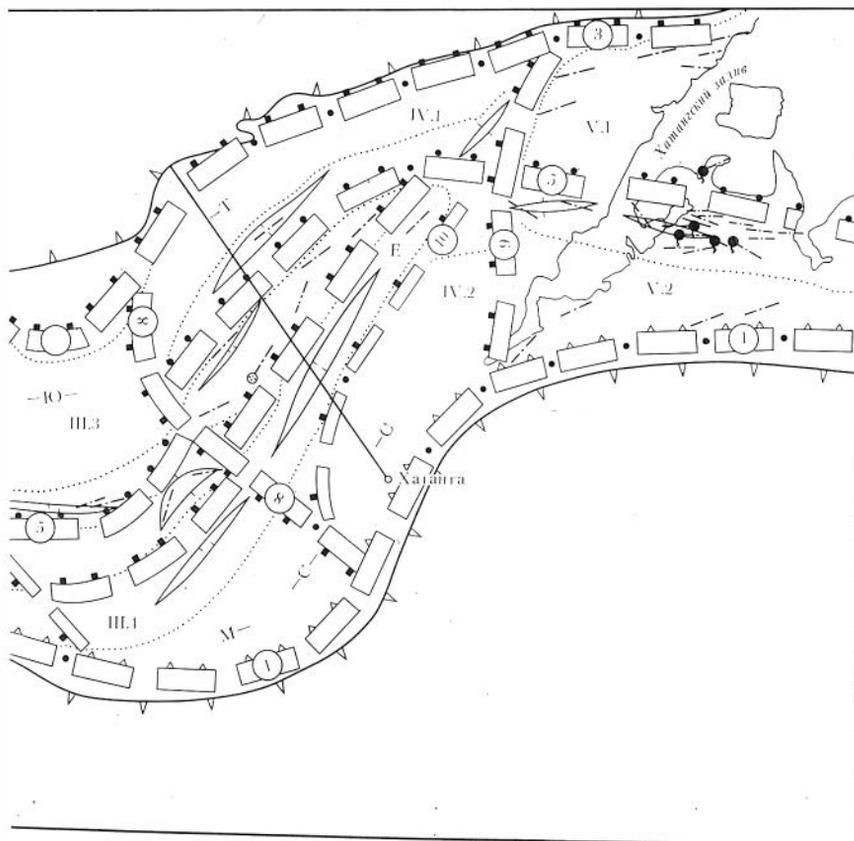
В восточной части этот крупный линейно вытянутый мегавал осложнен Курьинским куполовидным поднятием, которое находится в зоне сопряжения двух крупнейших линейно вытянутых структур — Рассохинского и Балахинского мегавалов. Вдоль Рассохинского мегавала расположен ряд ЛП, которые, как правило, об-



Рис. 22. Структурно-тектоническая схема Енисей-Хатангского прогиба. Составлена по материалам геолого-геофизических работ ПГО Енисейнефтегазгеология и Енисейгеофизика, НИИГА, СНИИГГиМСа:

1—5 — разрывные нарушения соответственно первого—пятого порядков (а — достоверные, б — предполагаемые); 6 — тектонические блоки (а — блоковые поля, б — блоки); структуры юрско-меловых отло-

жений: 7 — первого порядка, 8 — второго порядка (а — положительные, б — отрицательные); 9 — оси простирания структур третьего порядка; 10 — месторождения (а — газовые и газоконденсатные, б —



нефтяные полупромышленные); 11 — границы распространения мезозойско-кайнозойского чехла; 12 — линия профиля. Моноклинали: М—П — Покулихинская, М—С—С — Северо-Сибирская, М—Ю—Т — Южно-Таймырская. Названия разломов (цифры в кружках на схеме): 1 — Северо-Сибирский, 2 —

Гыдано-Омский, 3 — Таймырский. 4 — Приенисейский, 5 — Танамо-Курынский, северный, 6 — Танамо-Курынский, южный, 7 — Тарая-Боганидовский, 8 — Хета-Логатинский, 9 — Монголо-Сибирский, 10 — Жданихинский. Названия структур см. на рис. 21

разуют единую связанную цепь и характеризуются усредненным региональным субширотным простиранием. Из 10 ЛП, осложняющих мегавал, 2 промышленно газоносны.

Восточная часть прогиба (на западе включает пограничное Курьинское куполовидное поднятие, на востоке — Тигяно-Анабарский вал, (см. рис. 22) по сравнению с относительно хорошо изученной западной территорией очень слабо изучена буровыми и сейсморазведочными работами. До недавнего времени перспективы нефтегазоносности этой территории основывались главным образом на результатах поисковых работ в Нордвик-Хатангском районе, где были открыты небольшие нефтяные полупромышленные залежи в пермских и триасовых отложениях. Проведенные в

Таблица 14

Средние размеры структур¹, км

Часть прогиба	Первый порядок	Второй порядок
Западная	64×286	34×130
	85×368	40×170
Восточная	40×260	20×77
	118×505	20×130

¹ В числителе — положительных, в знаменателе — отрицательных.

Таблица 15

Средние удлинения структур¹

Часть прогиба	Первый порядок	Второй порядок
Западная	4,42	3,81
	4,32	4,25
Восточная	6,5	3,83
	4,28	6,5

¹ В числителе — положительных, в знаменателе — отрицательных.

Таблица 16

Распределение структур по величинам параметра удлинения q

Часть прогиба	$q < 2$	$q \sim 3$	$q > 3$
Западная	3	4	13
Восточная	0	0	11

Таблица 17

Объем осадочного выполнения структур первого порядка, км³

Часть прогиба	Структура	Возраст отложений		
		J	K	J-K
Западная	Большехетский мегавал	20 480	21 600	42 080
	Танамский свод	49 020	53 580	102 600
	Рассохинский мегавал	15 120	34 560	49 680
Восточная	Балахнинский мегавал	29 120	4 160	33 280

1972—1973 гг. сотрудниками Таймырской геофизической экспедиции региональные и поисковые сейсмические исследования МОВ позволили выявить ряд структур (Балахнинский мегавал, Курьинское куполовидное поднятие и др.) разного знака и порядка. Эти материалы дали возможность определить основные тектонические особенности и характерные черты геологического строения юрско-

меловых и пермо-триасовых образований, которые освещены в ряде работ [29].

По сравнению с западной частью прогиба в восточной части содержится примерно вдвое меньше структур. Всего здесь выделяется шесть положительных и шесть отрицательных структур первого и второго порядков. Их средние размеры приведены в табл. 14. Положительные структуры восточной части прогиба характеризуются различным объемом осадочного выполнения (см. табл. 17, 18). Средняя величина параметра удлинения у положительных и отрицательных структур также колеблется в значительных пределах (см. табл. 14, 15). Наиболее перспективной структурой восточной части прогиба является Балахнинский мегавал.

Балахнинский мегавал протягивается с юго-запада на северо-восток в приосевой части регионального прогиба. С севера и юга он ограничен системой линейно вытянутых рвов (Турковский, Южно-Кубалахский, Баганидский и Жданихинский, см. рис. 22 и 23), в юго-западной части через Курьинское куполовидное поднятие сопряжен с Рассохинским мегавалом.

Средняя протяженность его по разным сейсмическим горизонтам 260 км, средняя ширина 40 км. Отношение длины структуры к ширине составляет 6,5. Такие вытянутые структуры, как правило, бывают связаны с разрывами. Балахнинский мегавал, как и Рассохинский, контролируется системой разломов (того же простирания), выявленных геолого-геофизическими методами в дюрском комплексе пород.

В строении наиболее изученных сейсмическими исследованиями и глубоким бурением центральной и юго-западной частей мегавала участвуют предполагаемые верхнетриасовые и юрско-меловые образования. В центральной приосевой части мощность юрско-меловых отложений достигает 3 км. Средняя амплитуда мегавала по отношению к линейно вытянутым отрицательным структурам составляет: по предполагаемому верхнетриасовому горизонту 2,42 км, плинсбах-тоарскому 1,64 км, байосскому 1,33 км, келловейскому (?) 0,84 км. Объем осадочного выполнения мегавала (см. табл. 17) довольно резко выделяется по юрским отложениям среди структур первого порядка.

Соотношение структурных планов по различным стратиграфическим горизонтам существенно не меняется. По всем отражающим сейсмическим горизонтам это высокоамплитудная структура, которая вылаживается в верхних горизонтах. Изучение развития (анализ изменения усредненной амплитуды по разным горизонтам) Балахнинского мегавала показывает, что это крупное поднятие формировалось на протяжении по крайней мере времени накопления верхнетриасовых и плинсбах-тоарских отложений. К сожалению, в связи с ограниченной информацией (данных глубокого бурения, сейсморазведки МОВ) по нижнеюрским и особенно триасовым отложениям триасовый этап роста структуры недостаточно детально исследован.

Таблица 18

Объем осадочного выполнения структур второго и третьего порядков, км³

Части прогиба	Порядок структур	Структура	Возраст отложений					
			T	J	K	J-K	J-K ₁	T-J-K
Западная	II	Русский вал	—	12 480	8 190	20 670	—	—
		Сузунский вал	—	12 844	9 880	22 724	—	—
Мессовский вал		—	18 460	11 550	22 000	—	—	
Малохетский вал		—	5 280	4 320	9 600	—	—	
Восточная	III	Курьинское куполовидное поднятие	—	7 121	519	7 740	—	—
		Группа поднятий сопки Белой	244	—	—	—	2768	3012
Харатумусский вал		456	—	—	—	1944	2400	
Тигяно-Анабарский вал		1089	—	—	—	891	1980	
		Апрельское поднятие	767	—	—	—	649	1416
		Цветковское поднятие	660	—	—	—	—	—
		Арылахское поднятие	171	—	—	—	133	304

Мегавал осложнен пятью довольно крупными ЛП. Четыре из них — Балахнинское, Владимирское, Таймырское и Кубалахское — имеют наиболее высокие амплитуды (около 300 м, а некоторые значительно больше по плинсбах-тоарскому горизонту) и представляют практический интерес в отношении возможной нефтегазоносности нижнеюрских и триасовых отложений.

Результаты изучения крупных структурных элементов Енисей-Хатангского прогиба показывают большое их разнообразие по морфологическим особенностям, объему и характеру осадочного выполнения. Большую часть рассматриваемого региона занимают отрицательные структурные элементы — желоба, мульды. Характерной чертой прогиба являются относительно меньшие размеры поднятий по сравнению с отрицательными структурами (см. табл. 13). Общая площадь всех отрицательных дислокаций (отдельных впадин, мульды и т. д.) в 3 раза и более превышает площадь сопряженных с ними мегавалов, валов, куполовидных поднятий (см. рис. 22). Это свидетельствует о том, что на большей части рассматриваемой территории определяющим процессом на платформенном этапе развития являлось прогибание, превышающее в конечном итоге по своим масштабам суммарный эффект положительных движений.

Сравнение по целому ряду признаков структурных элементов западной и восточной частей исследуемого региона позволяет наметить их общие и отличительные особенности. Прежде всего бросается в глаза почти вдвое большее число структур западной части рассматриваемого региона (см. табл. 13). Пликативные дислокации различного знака в восточной части имеют несколько меньшие размеры (см. табл. 14).

Западная часть исследуемого региона отличается от восточной также мощностью и полнотой разрезов мезозойских отложений. Это обуславливает различные наборы тех или иных стратиграфических комплексов, неодинаковые объемы осадочного выполнения структур, а отсюда и различные этапы нефтегазоносности. Если в восточной части прогиба (Юго-Восточный Таймыр, район Анабаро-Хатангской мульды и т. д.) известен почти непрерывный разрез от нижнего триаса до альба, то в западной части (Усть-Енисейский район и т. д.) достоверные отложения мезозоя начинаются со среднего лейаса. Рассматривая мощности меловых отложений, можно отметить их обратные соотношения. В восточной части верхнемеловые отложения на большей части площади отсутствуют, а в западной представлены всеми ярусами общей мощностью более 1000 м.

Объем осадочного выполнения структур меловыми отложениями в западной части значительно больше, чем в восточной (см. табл. 17).

В заключение следует отметить, что характерной особенностью всех структур западной и восточной частей Енисей-Хатангского прогиба является согласованность ориентировки более мелких складок с простиранием более крупных. Кроме того, у основной

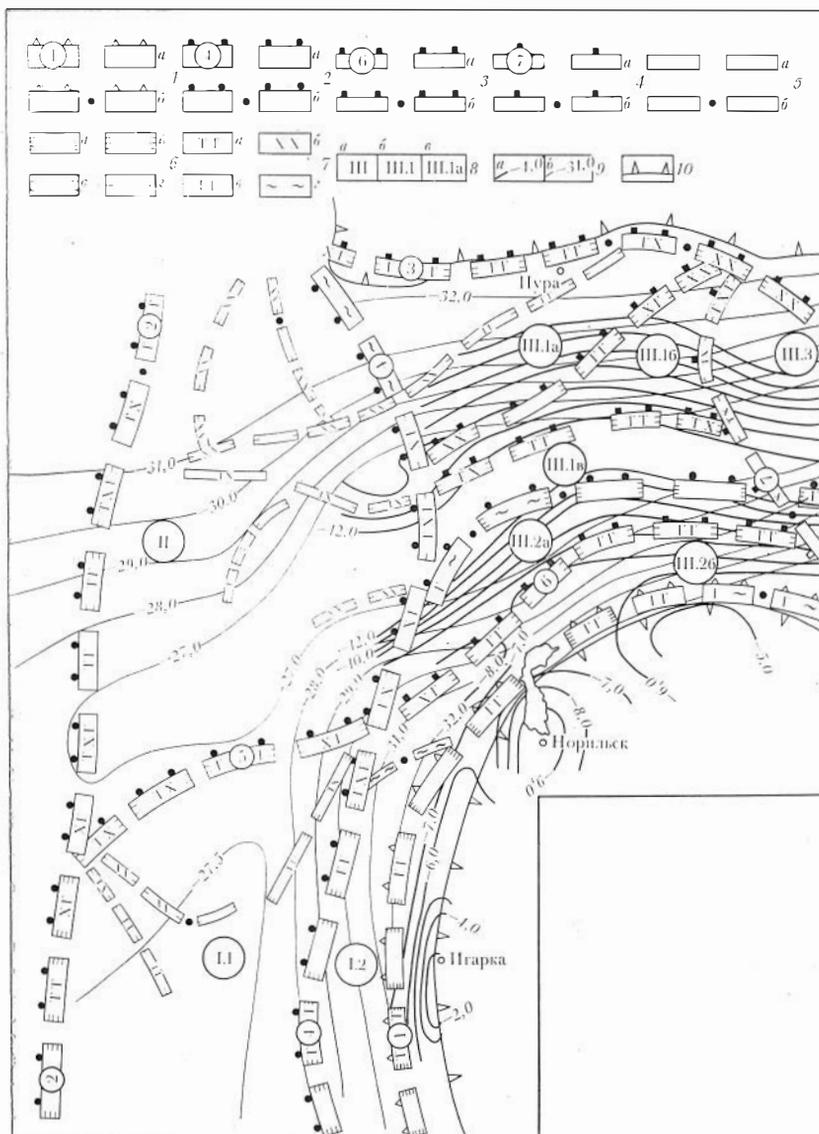
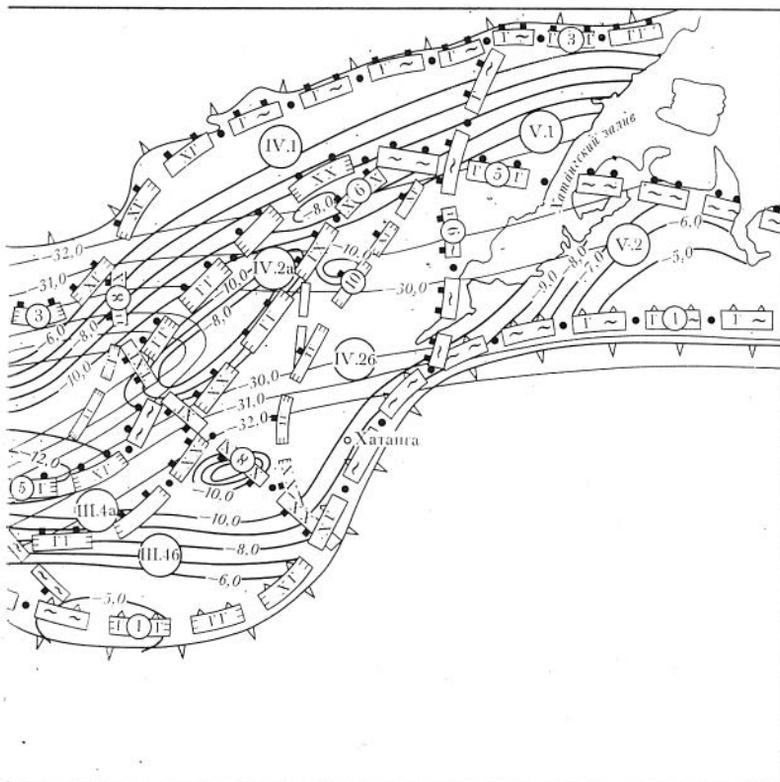


Рис. 23. Схема разломов и тектонических блоков доюрского комплекса по дору Енисей-Хатангского прогиба. Составлена по материалам геолого-геофизических работ ПГО Енисейнефтегазгеология и Енисейгеофизика, НИИГА, СНИИГГМСа:

1-5 — разрывные нарушения соответственно первого-пятого порядков (*a* — достоверные, *б* — предполагаемые); выраженность разломов: *б* — в аномальном гравитационном поле (*a* — выраженность первого рода, четкие, *б* — второго рода, *в* —

третьего рода, *г* — четвертого рода, нечеткие); 7 — проявление разломов: *a* — в магнитных и гравитационных аномалиях, *б* — в «узлах» сочленения гравитационных и магнитных аномалий, *в* — в современном рельефе, *г* — по общегеологиче-



ским данным; 8 — тектонические блоки (а — блоковые поля, б — блоки, в — подблоки); 9 — изогипсы поверхности: а — кристаллического фундамента, б — Мо-

хоровича; 10 — границы распространения мезозойско-кайнозойского чехла. Названия разломов см. на рис. 22

массы складок отмечается выполаживание углов падения вверх по разрезу. Особенностью большинства структур западной и восточной частей прогиба (различного знака, первого и второго порядков) являются близкие значения средних величин удлинения. При этом преимущественное распространение имеют вытянутые структуры (удлинение равно 3, а во многих случаях и значительно больше). Это приводит к выводу о приуроченности большинства вытянутых структур (Рассохинский мегавал, Дудыптинско-Жданихинский желоб, Балахнинский мегавал и др.) к крупным зонам разрывных нарушений, выделяющихся в доюрском комплексе пород. Различные типы разломов, вероятно, контролируют распределение, морфологию поднятий первого и второго порядков, выраженных в юрско-меловых образованиях.

МОРФОЛОГИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПОДНЯТИЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ГРУППИРОВКИ ПО ПЛОЩАДИ, АМПЛИТУДЕ И УДЕЛЬНОЙ КРИВИЗНЕ

При прогнозной оценке района весьма важными параметрами антиклинальных ловушек являются их амплитуда и площадь, во многом определяющие объем потенциальных, нередко реальных залежей углеводородов. Поэтому для всего Енисей-Хатангского прогиба были построены схемы распределения ЛП (потенциальных ловушек) по амплитудам и площадям. Для этого были использованы структурные карты, составленные по данным сейсмо-разведки МОВ с привлечением по локальным и более крупным поднятиям материалов Д. Б. Тальвирского, Д. С. Сорокова, Г. Д. Гинсбурга, М. Х. Сапира, О. Е. Моргунова, Г. А. Дмитриевой и др. Традиционные исследования ЛП нефтегазоносных бассейнов, описаны ранее, целесообразно дополнить анализом таких важных параметров, как кривизна складок и изменение ее с глубиной.

В данном разделе показана принципиальная возможность районирования нефтегазоносных территорий на основе исследования параметров удельной кривизны пликативных дислокаций и изменения ее среднего градиента, которые отражают степень относительной деформированности складок разного порядка на уровне того или иного горизонта, а также величину и характер изменения удельной кривизны с глубиной. Для обработки исходных данных больших массивов, как уже отмечалось, построен алгоритм и отработана программа для ЭВМ М-220 и М-222.

Одним из главных объектов исследований являлись ЛП — первоочередные объекты поисков залежей углеводородов и носители наиболее полной и достоверной информации о структуроформирующих движениях бассейна.

К западу от Балахнинского мегавала, в пределах осадочного чехла рассматриваемого региона, прослеживается около восьми опорных отражающих горизонтов. По данным геолого-геофизических исследований, проведенных сотрудниками Таймырской геофизической экспедиции, Нижнеенисейской нефтеразведочной экспедиции, НИИГА, они стратифицированы следующим образом: Ia — в подошве туронских отложений, Ib — в подошве отложений яковлевской свиты, Iv — в кровле отложений суходудинской свиты, Ig — в отложениях нижнехетской свиты, IIa — в отложениях верхней юры, IIб — в батских отложениях, IIв — в байосских отложениях, III — в подошве юрских отложений. Данные результаты были дополнены статистической обработкой сейсмических материалов, проведенной Г. А. Дмитриевой в 1969 г., которая заключалась в построении и анализе вариационных кривых прослеживаемости отражающих горизонтов. В результате было выделено несколько дополнительных отражающих границ, индексированных согласно смежным регионально прослеживаемым горизонтам. Так, наименование горизонта IIб (—1400) означает, что он располагается в среднем на 1400 м глубже горизонта IIб.

Таким образом, в пределах западной части рассматриваемого региона выделяются восемь сейсмических границ, причем горизонт Пб, прослеживаемый в западной части в батских отложениях, примерно соответствует третьему горизонту, выделяемому в районе Балахнинского мегавала (восточная часть).

При составлении различных структурно-тектонических карт и схем, в частности схемы распределения ЛП по амплитудам и площадям в пределах Енисей-Хатангского прогиба, данные о локальных структурах брались по горизонтам Пб (западная часть) и III (восточная часть) и относились к единой отражающей границе.

На основании общего тектонического положения, морфологии, а также прогнозирования возможно продуктивных горизонтов в разрезе тех или иных литолого-стратиграфических комплексов (с учетом вскрытия их на разбуренных площадях) М. Х. Сапир и Д. Б. Тальвирский выделяют четыре группы структур (см. рис. 22): осложняющие Танамский свод, Большехетский мегавал и погруженные части Рассохинского мегавала; расположенные в сводовых частях Малохетского вала и Рассохинского мегавала; осложняющие моноклинали; расположенные в Центральном-Таймырском желобе.

Структуры первой группы характеризуются наибольшей мощностью юрско-меловых отложений. Основные газоносные горизонты приурочены к отложениям неокома (суходудинская свита), верхней части сеномана (долганская свита) и нижней части апт — альба (яковлевская свита). Породы суходудинской свиты вместе с газом содержат конденсат, а иногда и нефтяные оторочки. Предполагается наличие газоконденсатных и нефтяных залежей в нижележащих отложениях нижнего мела, верхней и средней юры [40]. Для структур первой группы характерно значительное увеличение площади поднятий вверх по разрезу и некоторое изменение структурных планов по различным горизонтам. Они обычно имеют большие размеры (свыше 150—200 км²) и сравнительно небольшие амплитуды (до 100 м). Деформации этой группы имеют и определенные различия. Так, складки Танамского свода в связи с интенсивным предмеловым размывом характеризуются резко сокращенной мощностью верхнеюрских глинистых отложений (яновстановская свита), структуры же Большехетского мегавала — мощной покрывкой отложений яновстановской свиты.

Поднятия второй группы отличаются небольшими размерами и значительными амплитудами. Мощность юрско-мелового комплекса отложений чаще всего незначительна.

Складки третьей группы представляют собой отдельные структурные выступы на моноклинальных склонах; часто они осложняют террасовидные уступы и полусводы в их пределах. Структуры характеризуются небольшими размерами (за исключением Тарейской) и значительными амплитудами (до 250—350 м). Углы падения пород на их крыльях достигают нескольких градусов, вверх по разрезу поднятия резко выполаживаются. Отмечается также значительное сокращение мощности отложений нижней и сред-

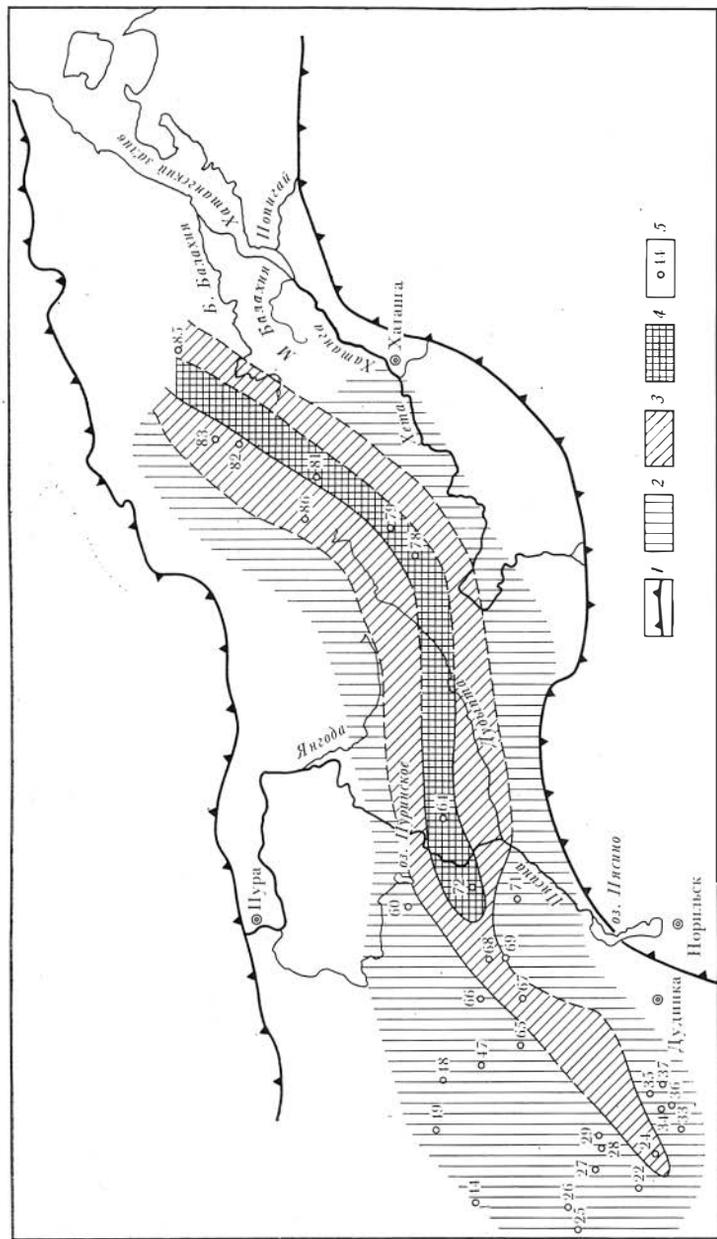


Рис. 24. Схема группировки локальных поднятий по величинам их амплитуд в Енисей-Хатангском прогибе (сейсмический от-
ражающий горизонт П6):
1 — границы распространения мезозойских отложений; величина амплитуд, м: 2 — 1—100 и менее, 3 — 100—300, 4 — 300 и более; 5 — номера
ДП (см. рис. 21)

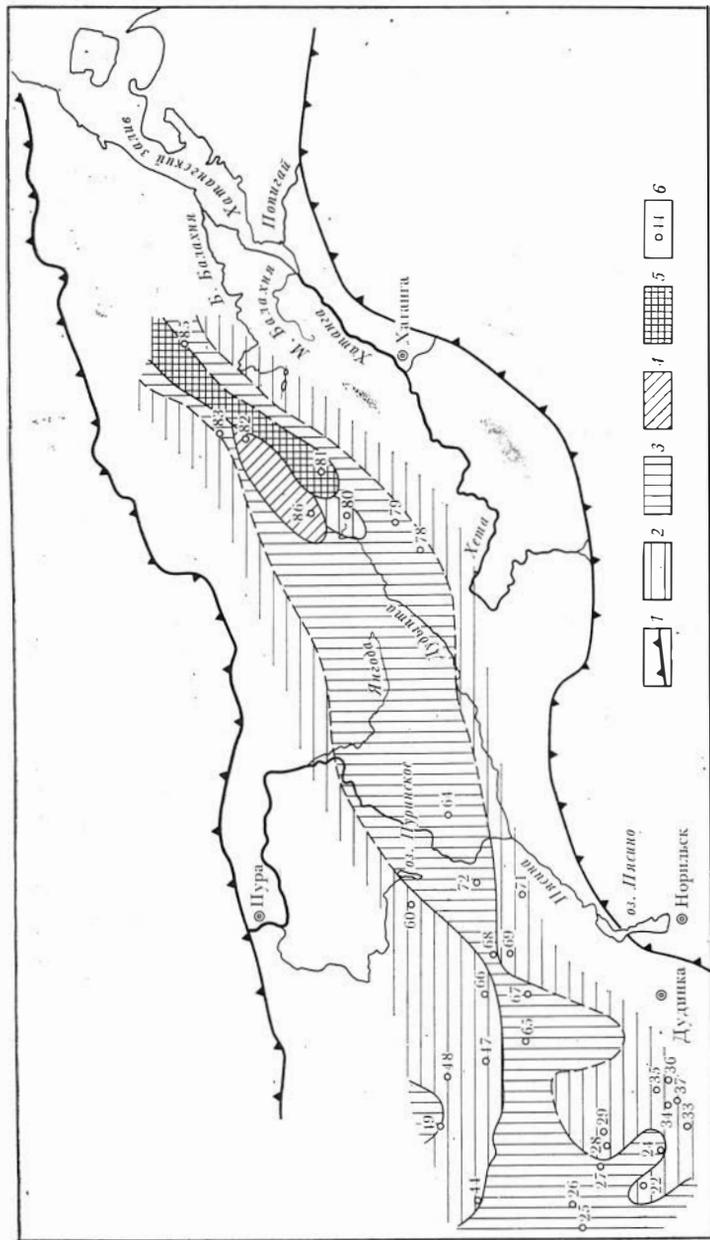


Рис. 25. Схема группировки локальных поднятий по размерам их площадей в Енисей-Хатангском прогибе (сейсмический от-
ражающий горизонт П6):
1 — границы распространения мезозойских отложений; размеры площадей ЛП, км²; 2 — 100 и менее, 3 — 300—100, 4 — 500—300, 5 — 500 и бо-
лее; 6 — номера ЛП (см. рис. 21)

ней юры или их полное выпадение из разреза, в строении поднятий, как правило, участвуют образования пермо-триаса (Тарейская, Нягамская структуры), расположенные на доступных для бурения глубинах.

Поднятия четвертой группы чаще всего крупные по размерам и небольшие по амплитуде (до 100 м). Эти структуры характеризуются моноклинальным строением по юрским отложениям и только по горизонтам мела образуют локальные структуры. Все они представляют интерес в отношении нефтегазоносности меловых отложений, особенно неокома [40]. В результате региональных сейсмических исследований в восточной части прогиба выявлены и частично детализированы локальные структуры преимущественно в юрских отложениях. Учитывая близость нефтяных месторождений, приуроченных к отложениям пермо-триаса на соседних с востока площадях (Нордвик, Кожевникова и др.), можно ожидать, что выявленные структуры будут перспективными в отношении нефтегазоносности.

Анализ распределения величин амплитуд и размеров площадей структур свидетельствует о приуроченности их наибольших значений к приосевой части прогиба (см. рис. 24, 25). При этом средние значения амплитуд и размеров площадей ЛП в западной части территории значительно меньше, чем в восточной. Величины площадей в западной части прогиба варьируют от 10 до 150 км², амплитуды составляют 30 м, чаще 80—100 м, единичные 300 м. В восточной части прогиба площади изменяются от 150 до 300 км² и более, амплитуды — от 300 до 450 м (табл. 19).

Характерно, что в пределах западной территории прогиба повышенные значения среднего градиента удельной кривизны ЛП связаны с приосевой частью (рис. 26). Причем колебания абсолютных значений весьма существенны: от $1,6 \cdot 10^{-5}$ (Казанцевское поднятие) до $2 \cdot 10^{-1}$ (Семеновское поднятие). Самые высокие значения ($5 \cdot 10^{-6}$) отмечаются на «стыке» трех тектонических блоковых полей (первого, второго и третьего). К периферии по всему периметру западной части Енисей-Хатангского прогиба величина этого параметра падает, достигая значений $5 \cdot 10^{-4}$, $5 \cdot 10^{-5}$ и менее. С запада на восток деформированность мезозойских отложений уменьшается. В восточной части зональность в распределении деформации иная, чем в западной части прогиба. В частности, к приосевой зоне Балахинского мегавала приурочены относительно низкие значения среднего градиента удельной кривизны ЛП (5×10^{-4} , $5 \cdot 10^{-5}$ и менее), а к периферии его величины постепенно возрастают ($5 \cdot 10^{-3}$), т. е. наблюдается противоположная тенденция в изменении распределения этого параметра.

В результате изучения удельной кривизны ЛП (сейсмический горизонт IIб и горизонт, отождествляемый с нижнемезозойскими отложениями) выявляется аналогичное изменение значений этого параметра в пространстве. На территории западной части прогиба относительно высокие значения характерны для приосевой зоны. В восточных районах (в пределах Балахинского мегавала),

Таблица 19

Характеристика локальных поднятий

№ п/п	№ на рис. 21	Поднятие	Сейсмический горизонт	Амплитуда, м	Размеры, км	Средний градиент удельной кривизны
						Удельная кривизна горизонта Пб
1	25	Паютское	Пб	60	6,5×132	$5 \cdot 10^{-4}$
			Пб(-400)	60	6×15	$4,4 \cdot 10^{-4}$
			Пб(-1400)	30	6×9	
2	26	Яровское	Пб	70	9×18,5	$2,5 \cdot 10^{-2}$
			Пб(-400)	100	6×17	$3,7 \cdot 10^{-4}$
					7×23	
3	32	Муксунхинское	Пб	60 50	12×9 12×6	—
4	27	Пеляткинское	Ia	75	30×35	$5,4 \cdot 10^{-3}$ $3,3 \cdot 10^{-3}$
			Пб	75	24×26,5	
			Iг	75	13×21	
			Пб	75	17×10	
			Пб(-400)	100	9×13	
			Пб(-1000)	100	10×23	
			Пб(-1600)	125	10×23	
5	29	Турковское	Ia	10	10×15	$7,5 \cdot 10^{-3}$
			Пб	50	9×15	$1,1 \cdot 10^{-2}$
			Iг	70	5×14	
			Пб	100	6×10	
			Пб(-700)			Наиболее приподнятая часть структуры, протягивающаяся в район Казанцевской площади
Пб(-1200)			Структурный нос (юго-западная часть седловины Казанцевской площади)			
6	30	Казанцевское	Ia	40	22×9	$1,6 \cdot 10^{-5}$
			Пб	50		
			Iг	70		
			Пб			
			Пб(-700)	Структурный нос		
			Пб(-1200)	То же Седловина		

Продолжение таблицы 19

№ п/п	№ на рис. 21	Поднятие	Сейсмический горизонт	Амплитуда, м	Размеры, км	Средний градиент удельной кривизны
						Удельная кривизна горизонта IIб
7	31	Песчаное	Ia	25	6×17,5	$3,9 \cdot 10^{-4}$
			Iб	30	6×21,5	
			Iг	55	7×22	
			IIб	65	6×13	
8	36	Тампейское	Iб	30	1,2×6,1	$6,8 \cdot 10^{-3}$
			Iг	60	4,0×8,8	
			IIб	60	4,0×8,8	
9	34	Зимнее	Iб	30	3,5×4,7	$1,9 \cdot 10^{-2}$
			Iг	60	8,5×9,0	
			IIб	60	7,0×13,0	
10	35	Семеновское	Iб	30	2×6,3	$2 \cdot 10^{-1}$
			Iг	40	4×5,0	
			IIб	80	3×4	
11	38	Нижнехетское	I Iг IIa IIб	70	4,5×4	—
12	39	Малохетское	Iг III	110 550	6×8 5×13	—
13	40	Точинское	Iг	240	9×16	$4,9 \cdot 10^{-3}$
			IIб	360	9×16	
			III	750	9×17	
14	42	Суходудинское	III	100	10×15	—
15	33	Горчинское	Iб	50	3×4	$7,7 \cdot 10^{-3}$
			IIa	70	10×5	
			IIб	100	9×4	

Продолжение таблицы 19

№ п/п	№ на рис. 21	Поднятие	Сейсмический горизонт	Амплитуда, м	Размеры, км	Средний градиент удельной кривизны
						Удельная кривизна горизонта, Пб
16	37	Майское	Пб	60	7,5×2,5	$3,9 \cdot 10^{-2}$
17	22—23	Соленинское	Ia Iб Iг IIб IIб(—1000) IIб(—2000)	50 80 75 40 ССВ (3510) 100 130	40×40 32×40 25×32 15×20 ССВ 11×14 14×15 9×19	$1,6 \cdot 10^{-3}$ $5,2 \cdot 10^{-5}$
18	24	Мессояхское	Ia Iб Iг IIб	80 80 100 250	12×16 10×15 10×18 12×24	$1,25 \cdot 10^{-3}$ $3,6 \cdot 10^{-4}$
19	28	Ушаковское	Iб Iг IIб	30 65 30	9×5 12×6 9×5	$8,6 \cdot 10^{-4}$ $3 \cdot 10^{-3}$
20	45	Носковское	Iб Iг IIa	30 50 50	10,5×3,5 12×3 12×4	— $3,6 \cdot 10^{-3}$
21	66	Кубинское	Iб IIб Iг IIa	40 80 60 100	4,6×10,5 6×19 9,5×11 5,2×11	$2,5 \cdot 10^{-3}$ $2,2 \cdot 10^{-3}$
22	64	Среднепясинское	Iб(+500) Iб Iв IIб IIб(—1000)	100 100 100 300 100	8×46 8×40 8×36 8×17 25×11	$9 \cdot 10^{-4}$ $1,7 \cdot 10^{-3}$
23	32	Муксунихинское	Iб IIб	60	6×14 Моноклираль	—
24	62	Якимовское	Iб Iв IIб IIб(—100)	35 50	12×25 11×18 Структуры нет То же	— $1,3 \cdot 10^{-5}$
25	63	Логовое	Iб Iв IIб	110 170	14×21,5 14×25 Моноклираль	— $8,8 \cdot 10^{-5}$

Продолжение таблицы 19

№ п/п	№ на рис. 21	Поднятые	Сейсмический горизонт	Амплитуда, м	Размеры, км	Средний градиент удельной кривизны
						Удельная кривизна горизонта II б
26	44	Оленье	Iб	50	13×17	$1,7 \cdot 10^{-4}$
			Iг	50	12×14	$5,3 \cdot 10^{-4}$
			IIб	50	9×11	
27	49	Дерябинское	Iб	50	8×14	$5 \cdot 10^{-4}$
			Iг	50	7×11	$4,7 \cdot 10^{-4}$
			IIб	100	10×17	
28	48	Яковлевское	Iб	50	7×11	$3 \cdot 10^{-3}$
			Iг	50	4×10	$9,1 \cdot 10^{-4}$
			IIб	100	8×14	
29	47	Байкаловское	Iб	50	8×16	$5,6 \cdot 10^{-4}$
			Iг	50	6×13	$1,7 \cdot 10^{-3}$
			IIб	25	5×8	
			Iв	50	13,5×5	
30	60	Дюрюсинское	Iб	55	8×28	$8,1 \cdot 10^{-3}$
			Iв	70	8×34	$3,2 \cdot 10^{-2}$
			IIб	70	2,5×6	
31	59	Тарейское	III	250	4,5×26,5	—
32	58	Нягамское	IIа	100	3×9	—
			III	200	4,2×8,5	$6,7 \cdot 10^{-3}$
33	51	Хабейское	Iг	15	1,4×2,4	—
			III	50	2,3×4,5	$1,7 \cdot 10^{-1}$
34	50	Восточно-Казачинское	Iг	20	2,5×3	—
			III	210	4,6×6,5	$6,7 \cdot 10^{-3}$
35	52	Гольчихинское	Iг	50	15,6×14,5	—
			III	150	9,2×13	$5 \cdot 10^{-5}$
36	67	Озерное	Iб(+250)	100	9×17	$1,7 \cdot 10^{-2}$
			Iб	100	5×9	
			Iг	100	7×27	
			IIб	180	12×32	
			Iв	270	11×29	
			IIб(-700)	100	4×6	
			IIб(-1200)	100	5×17	
			IIб(-2000)	100	5×17	
Структура раскрывается на северо-восток						$1,5 \cdot 10^{-4}$

Продолжение таблицы 19

№ п/п	№ на рис. 21	Поднятие	Сейсмический горизонт	Амплитуда, м	Размеры, км	Средний градиент удельной кривизны
						Удельная кривизна горизонта IIб
37	72	Джангодское	Iв IIб	100 400	10×29 12×25	5,1 · 10 ⁻⁴
						5,6 · 10 ⁻⁴
38	68	Верхнекубинское	Iг IIб	40 100	7,5×18 7,5×17,8	2,9 · 10 ⁻³
						7,8 · 10 ⁻⁴
39	69	Моховое	IIб	60	7×5	— 4,6 · 10 ⁻³
40	75	Тундровое	IIб III _I III _{II}	Структурный нос 7а 300	5,0×1,6 19×6	— 3 · 10 ⁻³
						—
41	65	Пайяхское	Iб(+700)	50	12×21	1,3 · 10 ⁻² 1,1 · 10 ⁻⁴
			Iб	50	13×15	
			Iг	50	8×13	
			IIб	35	11×16	
			IIб(800)	35	3×13	
			IIб(-1400)	35	16×11	
42	71	Крестовское	Iг	30	9×4	6,4 · 10 ⁻³
			IIб	60	4×8	7,8 · 10 ⁻³
43	74	Аясинское	IIа	50	6×1,6	—
			III	70	5,5×2,5	4,5 · 10 ⁻¹
44	78	Новое	III	300	22×13	—
			IVб	200	20×10	1,3 · 10 ⁻⁵
			V	100	12×18	
45	79	Курьинское	III	600	26×7	—
			IVб	550	24×6	1,9 · 10 ⁻⁴
			V	700	26×11	
46	86	Кубалахское	III	210	10,5×56,5	5,2 · 10 ⁻⁶
			IVб	220	16×63,5	1,4 · 10 ⁻⁵
			V	230	14×64	

Продолжение таблицы 19

№ п/п	№ на рис. 21	Поднятие	Сейсмический горизонт	Амплитуда, м	Размеры, км	Средний градиент удельной кривизны
						Удельная кривизна горизонта IIб
47	80	Томотское	III IVб V	210	9×7	3,3·10 ⁻⁴
				110	12×9	4,6·10 ⁻⁴
48	84	Владимирское	II III IVб V	425	38×79,5	5,1·10 ⁻⁶
				620	31,5×76,5	1,6·10 ⁻⁶
49	82	Таймырское	Iг III IVб V	115	35,5×14	3,3·10 ⁻⁵
				120	12,5×34	7,4·10 ⁻⁶
50	83	Долгинское	Iг III IVб V	420	11,5×30,5	8,2·10 ⁻⁵
				230	13,5×14,5	1,2·10 ⁻⁴
51	85	Свердловское	III IVб V	120	4×38,5	5,1·10 ⁻⁴
				210	4×23	6,6·10 ⁻⁴
52	81	Балахнинское	Iг III IVб V	215	3×24	3,4·10 ⁻⁵
				220	4,5×12	1,6·10 ⁻⁵
53	93	Южно-Подкаменное		240	5×13	—
						6,9·10 ⁻⁴
54	106	Чайдах-Гуримихское (восточное)		120	3×10	—
						1,8·10 ⁻³
55	107	Гуримихское		150	3×10	—
						3,6·10 ⁻³
56	110	Южно-Тигянское (западное)		175	4×8	—
						2,2·10 ⁻³
57	111	Южно-Тигянское (восточное)		325	3×9	—
						9,7·10 ⁻³

Нижний мезозой

Продолжение таблицы 19

№ п/п	№ на рис. 21	Поднятие	Сейсмический горизонт	Амплитуда, м	Размеры, км	Средний градиент удельной кривизны
						Удельная кривизна горизонта П6
58	112	Нордвикское	Нижний мезозой			—
						$2,5 \cdot 10^{-1}$
59	113	Пахсино-Бегичевское		600	18×50	—
						$9,9 \cdot 10^{-6}$
60	115	Апрельское		400	11×63	—
						$2,3 \cdot 10^{-5}$
61	116	Цветковское		600	12×52	—
						$3,6 \cdot 10^{-5}$
62	117	Немцовское		500	6×49	—
						$2,9 \cdot 10^{-4}$
63	118	Чернохребетинское	550	6×27	—	
					$5,3 \cdot 10^{-4}$	
64	119	Подкаменное	270	4×12	—	
					$1,6 \cdot 10^{-3}$	
65	120	Арылахское	550	9×22	—	
					$1,6 \cdot 10^{-4}$	
66	102	Усть-Тигянское	—	—	—	
					$5,5 \cdot 10^{-1}$	
67	5	Южно-Русское	II	—	—	$3,2 \cdot 10^{-3}$
						—
68	6	Русское	II	—	—	$7,1 \cdot 10^{-4}$
						—
69	7	Заполярное	II	—	—	$3,7 \cdot 10^{-4}$
						—
70	8	Тазовское	II	—	—	$7,4 \cdot 10^{-4}$
						—

Примечания. 1. Характеристика ЛП дана с привлечением материалов Д. В. Гальвирского, Д. С. Сорокова, Г. Д. Гинсбурга, М. Х. Саптра, О. Е. Моргунова, Г. А. Дмитриевой и др. 2. По нижнемезозойским отложениям параметры ЛП (номера 53—66) даны по материалам Р. М. Деменицкой, М. К. Калинко, В. Н. Сакса, Н. А. Сягаева и др.

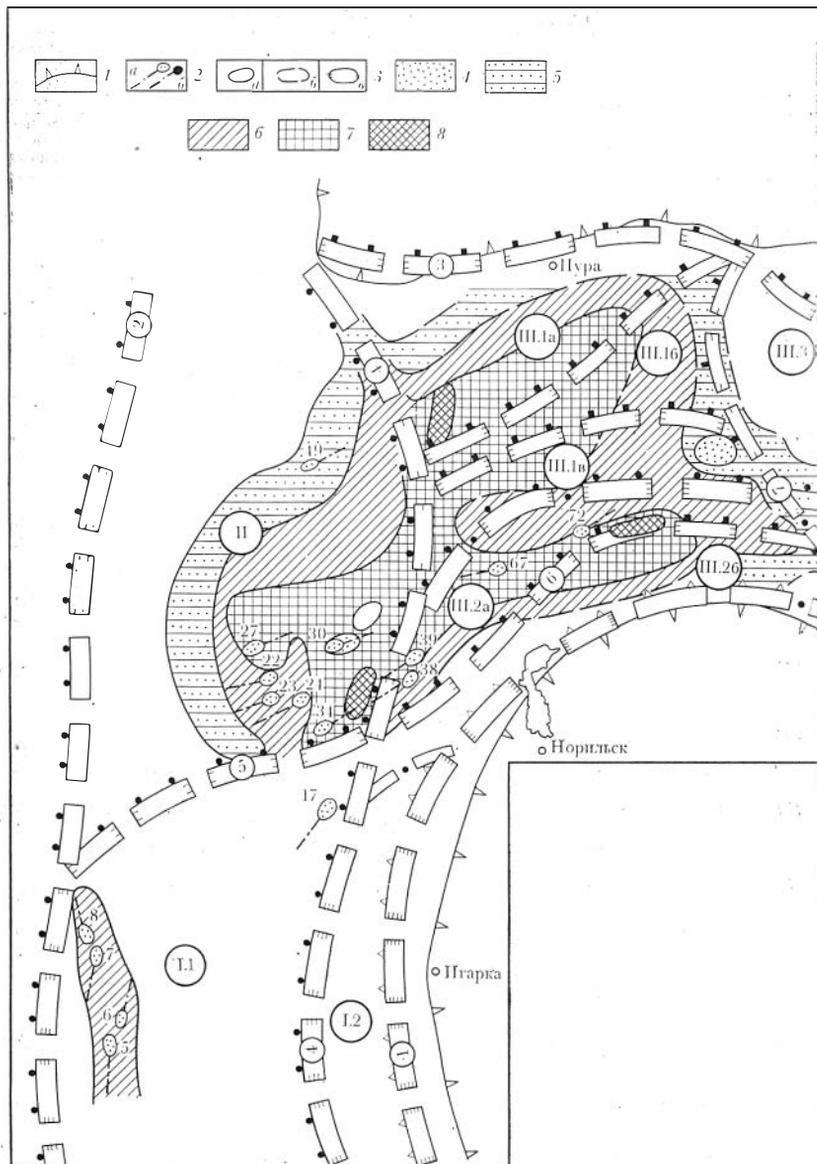
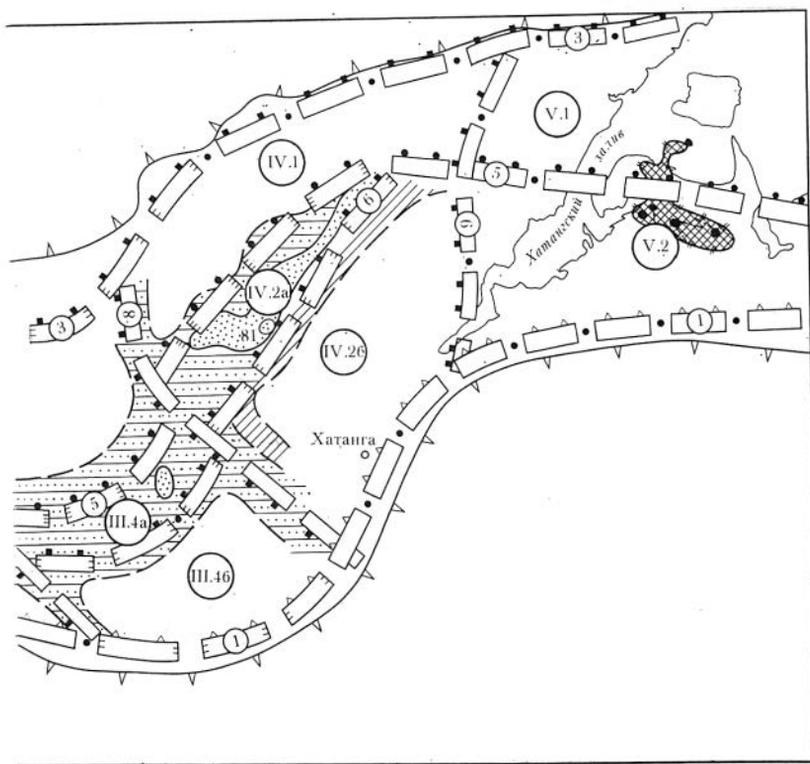


Рис. 26. Схема распределения среднего градиента удельной кривизны локальных поднятий (мезозойские отложения) Енисей-Хатангского прогиба. Составлена по материалам геолого-геофизических работ ПГО Енисейнефтегазгеология, НИИГА, СНИИГГиМСа:

1 — границы распространения мезозойско-кайнозойского чехла; 2 — месторождения (а — газовые и газоконденсатные, б — нефтяные полупромышленные); 3 — контуры распределения среднего градиента удельной кривизны ЛП (неинъективные ЛП: а — достоверные, б — предполагае-

мые; в — инъективные ЛП); удельная кривизна ЛП: 4 — $5 \cdot 10^{-5}$ и менее, 5 — $5,1 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-4}$, 6 — $5,1 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-3}$, 7 — $5,1 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-2}$, 8 — $5,1 \cdot 10^{-2}$ и более. Остальные условные обозначения см. на рис. 22

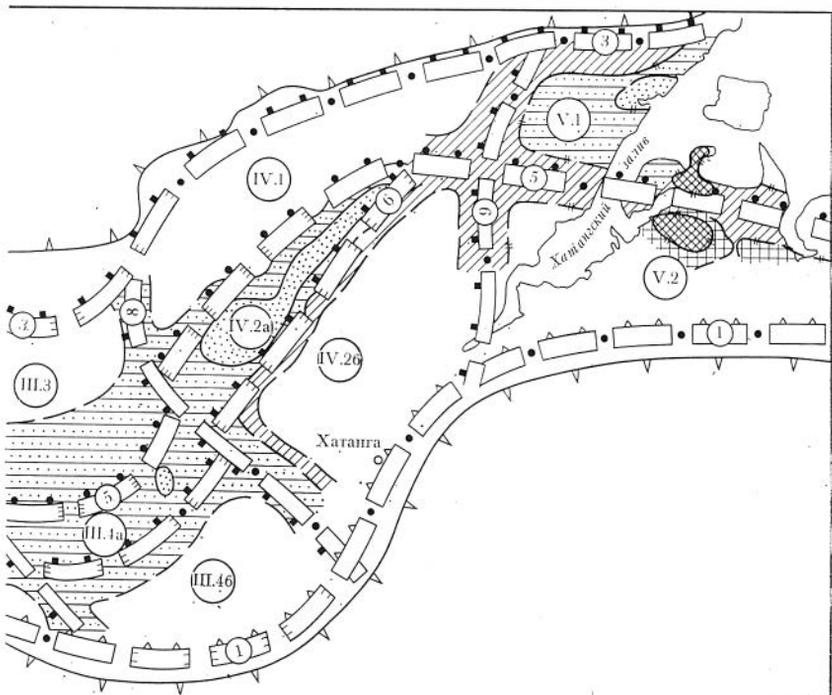


в частности в Анабаро-Хатангской седловине, значения этого параметра увеличиваются от центра к периферии (рис. 27, 28). В центральной, наиболее погруженной части рассматриваемой седловины деформация уменьшается ($5 \cdot 10^{-5}$ и меньше).

Выявленные закономерности распределения деформаций мезозойских отложений рассматриваемого прогиба позволяют считать, что с помощью описанных выше параметров можно проводить районирование внутри нефтегазоносных бассейнов. Представляется возможность по показателю удельной кривизны и градиенту ее изменения (в плане и с глубиной) сравнивать осадочные нефтегазоносные бассейны между собой, в дальнейшем же, вероятно, удастся на количественной основе построить их классификацию. Анализ пликативных дислокаций приводит к выводу о связи их пространственного размещения и особенностей строения с дизъюнктивными дислокациями доюрского комплекса пород. В связи с этим были выделены, систематизированы и в краткой форме рассмотрены разрывные нарушения. Однако, прежде чем перейти к их анализу, рассмотрим связь структур осадочного чехла с геофизическими аномалиями, отражающими неоднородности доюрского комплекса пород.



Рис. 27. Схема распределения удельной кривизны локальных поднятий Енисей-Хатангского прогиба. Составлена по материалам геолого-геофизических работ треста Красноярскнефтегазразведка, НИИГА, СНИИГГиМСа.
 Условные обозначения см. на рис. 22 и 26



СВЯЗЬ СТРУКТУР МЕЗОЗОЙСКОГО ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА С ГРАВИТАЦИОННЫМИ И МАГНИТНЫМИ АНОМАЛИЯМИ

Анализу связи структур осадочного платформенного чехла с геофизическими аномалиями фундамента посвящен ряд работ В. Д. Наливкина, И. В. Шаблинской и других исследователей по различным регионам СССР (Западно-Сибирская, Туранская, Скифская плиты и др.). В определенной степени эти вопросы освещены Д. Б. Тальвирским, Б. В. Гусевым, В. И. Казансом и другими в пределах Енисей-Хатангского прогиба и прилегающих территорий, но в основном они имели специфический характер в связи с совершенствованием методики геофизических исследований для прогнозирования глубоких горизонтов, повышения точности интерпретации геофизических материалов и т. д.

Необходимость привлечения данных о геофизических аномалиях и их анализа обусловлена тем, что они помогают расшифровать структуры региона, выделить и систематизировать крупные тектонические подразделения — блоковые поля, блоки и т. д., выяснить соотношения приповерхностных и глубинных деформаций. Это, в свою очередь, во многом предопределяет правильность выводов о закономерностях формирования и распределения залежей углеводородов. Изучение этих вопросов облегчалось тем, что породы мезозоя и кайнозоя в пределах рассматриваемого региона

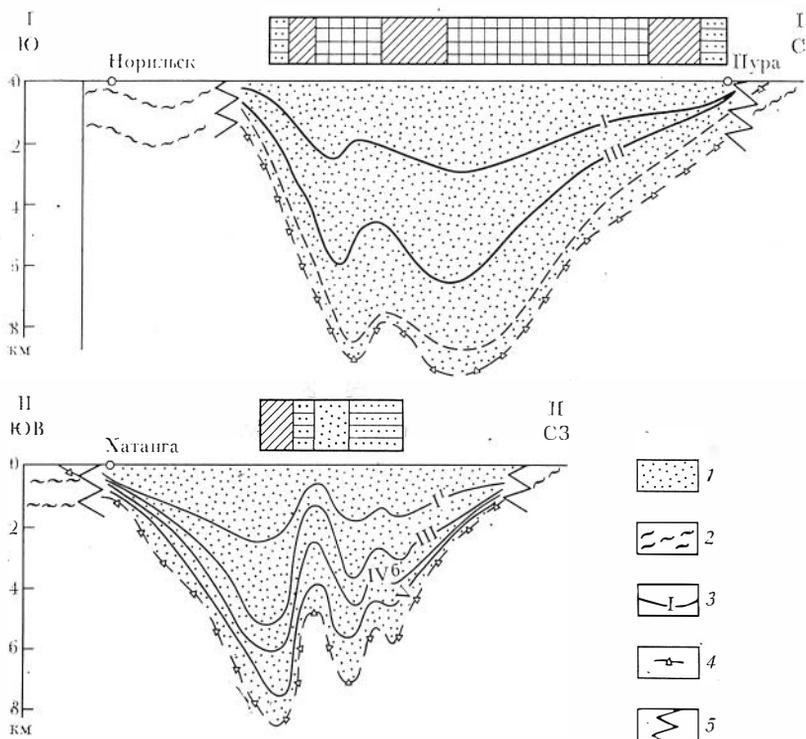


Рис. 28. Схематические геолого-геофизические разрезы западной и восточной частей Енисей-Хатангского прогиба.

Отложения структурных этажей: 1 — мезозойско-кайнозойского; 2 — домезозойско-кайнозойского; 3 — изогипсы сейсмических горизонтов; 4 — подошва мезозойско-кайнозойского структурного этажа; 5 — разломы (по данным комплексной геолого-геофизической обработки материалов). Шкала значений среднего градиента удельной кривизны ЛП см. на рис. 26

практически немагнитны, мощность и плотность их постепенно увеличиваются от периферии к центру, а терригенные осадки не оказывают существенного влияния на характер гравитационного и магнитного полей. Аномалии этих полей в первую очередь обусловлены составом и строением доюрского комплекса пород [29]. Эти положения и были использованы для выявления степени отображения пликативных дислокаций юрско-меловых образований в геофизических аномалиях.

Отображение структур в геофизических аномалиях. Плановое сопоставление осевых частей структур мезозойского осадочного чехла с магнитными аномалиями показало, что непосредственной связи между ними нет; по-видимому, магнитные аномалии отображают петрографический состав доюрского комплекса пород.

В связи с тем, что структуры первого и второго порядков часто расположены вместе в аномальных зонах, они рассматривались

совместно. Магнитные аномалии имеют вид узких полос и часто соответствуют положительным и отрицательным структурам, но нередко пересекают их вкрест простираения. Так, Жданихинский ров и Балахнинский мегавал пересекаются магнитными аномалиями субмеридионального направления. Такое же соотношение отмечается и в пределах Среднетазовского рва. К крупным структурам (положительным и отрицательным), которые приурочены к линейным зонам магнитных аномалий, относятся Баганидский и Дудыптинский рвы, Сузунский вал и др. (рис. 29).

Для характеристики степени отображения структур в гравитационных аномалиях проведено сопоставление контуров структур с контурами аномалий, соответствующих в плане этим структурам. В связи с тем, что контуры гравитационных аномалий не всегда точно соответствуют структурам и либо включают в себя структуру, либо полностью или частично вписываются в нее, проведено сопоставление и осей структур (характеризующих максимальные повышения или понижения участков в зависимости от знака) с контурами аномалий. Взаимоотношение знаков осевых частей структур и аномалий показано на рис. 29. Если осевая часть структуры первого или второго порядка в плане совпадала с центральной частью аномалии (соответствующего знака) или входила в ее контур, то считалось, что структура имеет плановое совпадение. Если же осевая ее часть находилась между положительными или отрицательными значениями гравитационной аномалии или одна из частей структуры, например северная, была приурочена к одному знаку, а другая (южная) — к противоположному знаку, считалось, что структура занимает промежуточное положение.

В пределах Енисей-Хатангского прогиба и прилегающих территорий расположено 34 крупные структуры первого и второго порядков. Результаты планового сопоставления осевых частей этих структур с гравитационными аномалиями показывают, что из шести положительных поднятий первого порядка (Балахнинский, Большехетский, Рассохинский мегавалы, Танамский свод и Янгодо-Горбитский выступ) практически все имеют плановое совпадение с положительными гравитационными аномалиями (см. рис. 29). Отрицательные структуры первого порядка (Центрально-Таймырский желоб, Пендомояхская впадина) характеризуются плановым совпадением с отрицательными гравитационными аномалиями. Дудыптинско-Жданихинский желоб занимает промежуточное положение, но основная его часть тяготеет также к отрицательным аномалиям.

У двух положительных поднятий второго порядка (Малохетский и Мессовский валы) осевые части имеют плановое совпадение с положительными гравитационными аномалиями. Русский и Усть-Тазовский валы отличаются плановым совпадением с отрицательными аномалиями. Сузунский вал, Курьинское куполовидное поднятие занимают промежуточное положение по отношению к аномальным зонам разного знака.

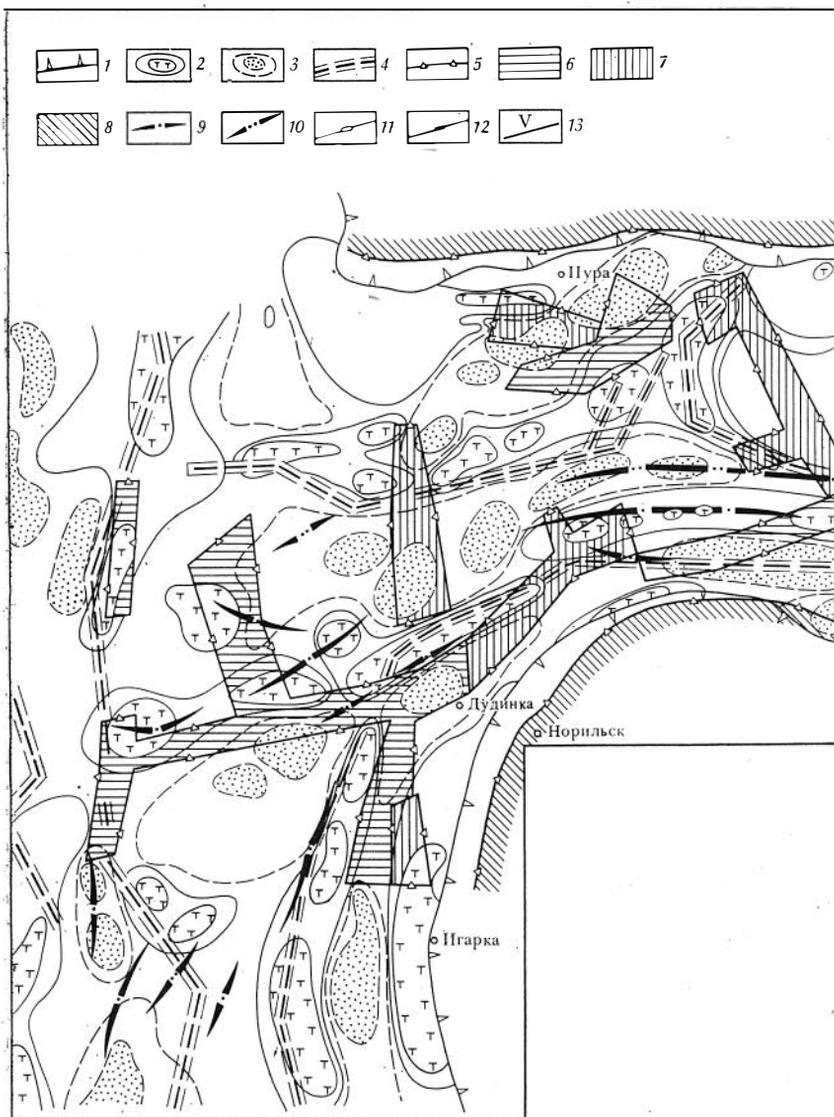
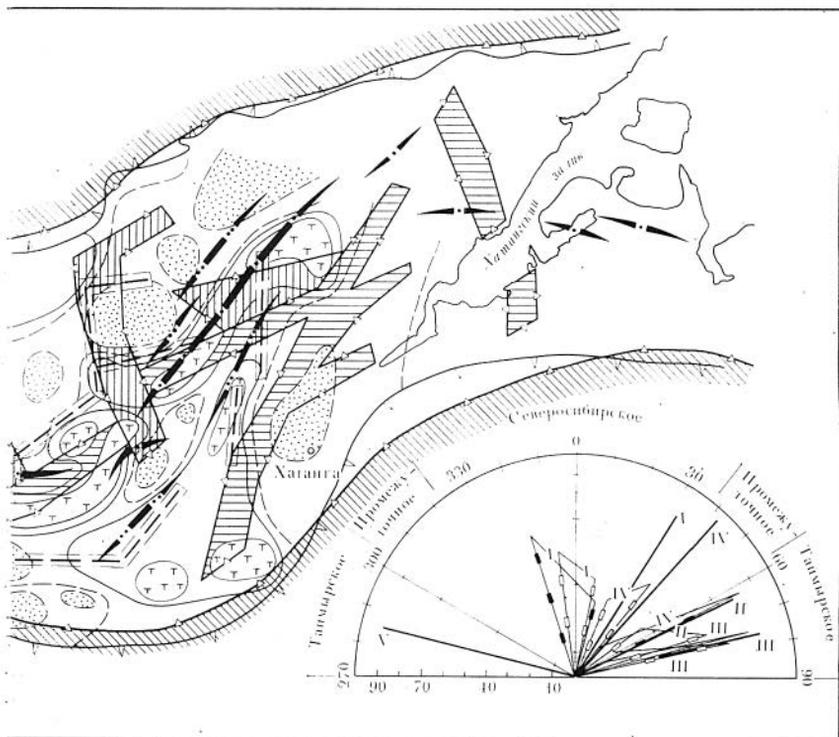


Рис. 29. Схема районирования геофизических полей (гравитационного с элементами магнитного) и современного рельефа Енисей-Хатангского прогиба. Составлена с использованием геолого-геофизических материалов ПГО Енисейнефтегазгеология и Енисейгеофизика:

1 — границы распространения мезозойских отложений; 2 — максимумы Δg ; 3 — минимумы Δg ; 4 — области линейно вытянутых положительных аномалий ΔT ; 5 — контуры блоков современного рельефа; 6 — амплитуда блоков современного рельефа, м; 6 — 101—160, 7 — 221—280, 8 — 281 и более; 9 — простирания структур первого и

второго порядков; 9 — положительных, 10 — отрицательных.

Справа внизу: роза-диаграмма направления плкативных дислокаций мезозойского осадочного чехла; 11 — гравитационных, 12 — магнитных, 13 — структур первого и второго порядков (суммарный вектор) в пределах блоковых полей I—IV



Отрицательные структуры второго порядка (Турковский, Южно-Кубалахский, Носковский рвы) характеризуются плановым совпадением с отрицательными аномалиями Δg . Среднетазовский, Пайтурминский, Жданихинский рвы занимают промежуточные положение между гравитационными аномалиями отрицательного и положительного знака, но большие части их площадей тяготеют к отрицательным аномалиям.

Анализ планового сопоставления осевых частей крупных структур с гравитационными аномалиями показал, что в целом для поднтий разного ранга характерна приуроченность к положительным гравитационным аномалиям, а для отрицательных структур — к отрицательным аномалиям.

Сравнительно однозначно отображаются только линейные приразломные структуры — желоба, вытянутые мегавалы и т. д. В большинстве же случаев аномалии, соответствующие структурам, сложные, реже простые (единые). Характерно, что аномалии, отвечающие структурам, в основном имеют аналогичное простираение и близки им по форме.

Схематическая карта разломов доюрского комплекса пород Енисей-Хатангского прогиба (см. рис. 23) составлена по геофизическим данным с привлечением геологических сведений, морфометрического анализа рельефа и результатов комплексной обработки материалов, полученных дистанционными методами. На карте показаны разломы, отображающиеся одновременно в магнитном и гравитационном полях и прослеженные только по магнитным или гравитационным данным, выявленные морфометрией или предполагаемые по общегеологическим данным (учитывающим работы предыдущих исследований, результаты обработки материалов, полученных дистанционными методами и т. д.). Таким образом, можно судить о степени их достоверности.

Поскольку основное число выявленных дизъюнктивных дислокаций устанавливалось не путем непосредственного наблюдения, а по данным геолого-геофизических исследований, не представляется возможным охарактеризовать такие их свойства, как величина и направление перемещения по сместителю, ширина зоны дробления и т. п.

Некоторые из описываемых ниже разломов (Гыдано-Омский, Монголо-Сибирский, южная часть Приенисейского, часть разломов в бассейне рек Пуры и Анабары) были известны ранее и подтверждены проведенными исследованиями. Другие (Танамо-Курьинский, Дудыпта-Пясинский, Хета-Логатинский, Тарей-Боганидовский и др.) большей частью или полностью выделяются и систематизируются впервые. Все вероятные зоны разломов отражены на промежуточных и основной схемах разрывных нарушений.

Как показано в работах В. Н. Сомова (1973 г.), С. М. Шермана (1975 г.) и других исследователей, для классификации тектонических структур, в частности разломов, удобно принять показатель длины — критерий, наиболее однозначно определяемый различными исследователями [34]. В связи с этим разрывные нарушения систематизировались по протяженности, ориентировке по отношению к блоковым полям, соотношению с пликвативными дислокациями юрско-меловых отложений. Все разломы, показанные на схеме, по соподчиненности (в значительной мере отражающей масштабность их проявления) делятся на пять типов (табл. 20, 21).

К первому типу относятся наиболее крупные зоны разломов. На исследуемой территории к ним относятся Гыдано-Омский, Приенисейский, Танамо-Курьинский и Северо-Сибирский. Они характеризуются большой протяженностью (примерная длина по простиранию более 1000 км) и практически все выходят за пределы рассматриваемого региона. Данный тип разрывных нарушений можно назвать периферийным по отношению к блоковым полям и продольным по отношению к пликвативным дислокациям юрско-мелового комплекса пород. Тамано-Курьинский разлом в западной части является секущим по отношению к некоторым

Таблица 20

Характеристика зон вероятных разрывных нарушений (Енисей-Хатангский прогиб)

Типы зон вероятных разрывных нарушений	Геофизическая характеристика			Геоморфологическая характеристика	
	Интенсивность градиента аномалий Δg (λ)	Сложность* торцовых узлов сочленений (С)	Планивое соотношение аномалий Δg и ΔT	Данные морфометрии	Данные космических съемок
I	0,51—1	2,86—3,63	Цепи линейно вытянутых аномалий Δg совпадают в плане (часто на всем протяжении) с магнитными аномалиями	Преимущественно отчетливо выражены	Интерпретируются как тектонические уступы, и главным образом, непрерывно прослеженные линейные элементы
II	0,26—0,5	1,87—2,86			
III	0—0,25, реже 0,26—0,5	1,43—1,87	На отдельных участках отмечается совпадение аномалий Δg и ΔT	Преимущественно слабо выражены	Интерпретируются преимущественно как мелкие линейные элементы, прослеженные фрагментарно
		0,77—1,43	Чаще не выражены в магнитных аномалиях		
IV—V				Преимущественно не выражены, отдельные слабо выражены	—

структурам различного порядка, а в центральном и восточном окончаниях продольным, контролирующим размещение пликативных дислокаций в осадочной толще.

В целом разломы этого типа характеризуются высокими значениями параметра λ (0,51—1,0), т. е. они трассируются более протяженными дифференцированными положительными и отрицательными аномалиями Δg . При этом отдельные их части (северные части Приенисейского, Тансамо-Курьинского и Северо-Сибирского разломов) пересекают довольно сложные «узлы» сочленения аномалий различных направлений Δg и ΔT (см. рис. 29).

По результатам обработки материалов дистанционных методов описываемые разломы выделяются или как тектонические уступы, или чаще непрерывно прослеженные линейные элементы (по терминологии В. Я. Ероменко). Определенного внимания заслужи-

Таблица 21

Классификация разрывных нарушений Енисей-Хатангского прогиба

Тип нарушения	Примерная длина нарушений по простиранию, км	Классификация	
		по соотношению с глыбово-блоковыми структурами	по соотношению с пликвативными дислокациями
I	3000 (выходят за пределы региона)	Периферийные	Продольные
II	800—1200	”	”
III	200—400, редко 800	Периферийные, частично сквозные	Продольные, частично секущие
IV—V	10—50, редко 80	—	Секущие (сквозные), частично продольные

вает Танамо-Курьинская подвижная зона (к которой пространственно тяготеет большинство известных месторождений), протягивающаяся с юго-запада на северо-восток (см. рис. 23). Почти на всем протяжении она отображается наиболее протяженными и дифференцированными гравитационными аномалиями, а на отдельных участках одновременно и магнитными аномалиями. На уровне мезозойских отложений эта зона пространственно тяготеет к области интенсивно деформированных структур различного порядка и в восточном своем продолжении контролирует диапировые складки и интрузии различного состава. В генетическом плане этот разлом является, по-видимому, раздвигом, который сопровождается сдвиговой компонентой и выражается в появлении Таря-Боганидовского и Хета-Логатинского разломов.

Ко второму и третьему типам принадлежат крупные (сегментальные или межглыбовые, по В. Е. Хайну) разломы (Дудыпта-Пясинский, Таймырский, Хета-Логатинский, Монголо-Сибирский) длиной 400—1200 км. Они являются периферийными по отношению к блокам, продольными и частично поперечными (Хета-Логатинский, Монголо-Сибирский) относительно пликвативных дислокаций, выраженных в юрско-меловом комплексе пород. Все разрывные нарушения этого типа характеризуются определенными геофизическими признаками: цепочками относительно интенсивных линейных аномалий, зонами повышенных градиентов силы тяжести, резкой сменой знака и характера аномалий и т. д. (см. рис. 29). Проследим эти признаки на некоторых характерных разломах.

Таймырский разлом четко, отдельными зонами отображается в аномальном гравитационном поле (район Янгодо-Горбитского выступа и др.) и проходит «узлы» сочленения разных направлений аномалий Δg и ΔT , характеризующихся различными значениями параметра C (0,77—1,187, см. табл. 20). В юго-западном

направлении (бассейн р. Пуры) от него отходит система аналогичных разрывных нарушений, примыкающих к Приенисейскому разлому. Эта система разрывов (включая Таймырский), по материалам космических снимков, отчетливо выражается различным рангом линеаментов (по терминологии В. Я. Ероменко).

Монголо-Сибирский разлом показан на «Принципиальной схеме главнейших зон глубинных разломов Сибири и Дальнего Востока», составленной Г. А. Мурзиной в 1972 г. Наличие этой подвижной зоны отмечено в работах К. А. Савинского (1972 г.), где она названа Байкало-Таймырским разломом, Д. Б. Тальвирского (1976 г.) и др. В 1977 г. этот разлом рассматривался рядом исследователей как Хатангский глубинный, выделяющихся на уровне поверхности кристаллических пород фундамента.

В пределах рассматриваемого региона к Монголо-Сибирскому разлому (судя по геофизическим и морфометрическим данным, см. рис. 23) причленяется разрывное нарушение (Жданихинское) субмеридионального направления. С юго-запада оно ограничивается Хета-Логатинским разломом. Можно полагать, что эта крупная подвижная зона в пределах исследуемой территории распадается на две сближенные области субмеридионального простирания, которые разделяют различные направления геофизических аномалий и пликативных дислокаций юрско-мелового комплекса пород (см. рис. 29).

Разрывные нарушения рассматриваемого типа образуют три системы направлений (субширотную, субмеридиональную и промежуточную между ними), которые совместно с разломами первого типа разделяют территорию региона на ряд тектонических блоковых полей и блоков.

Сопоставление результатов дешифрирования космических фотоснимков и геолого-геофизических исследований показывает, что основная часть линеаментов (по терминологии В. Я. Ероменко) различного ранга полностью или частично соответствует зонам разломов, выделенным геофизическим и морфологическим методами и по общегеологическим данным. Но есть ряд линеаментов, пересекающих почти вкрест простирания разрывные нарушения (восточное окончание Рассохинского и Балахнинского мегавалов), выделенные по геолого-геофизическим признакам.

Существует определенная выраженность первого и второго типов разломов в мезозойском осадочном чехле. Анализ сейсмических отражающих горизонтов и отдельных глубоких скважин показывает, что к этим разломам приурочиваются сбросы в мезозойских отложениях. Они контролируют распределение туфов, лав (восточная часть Тамано-Курьинского разлома и др.), интрузий основного состава, положение в пространстве соляных диапиров (район Харатумусского вала и др.). В пределах Рассохинского мегавала, Танамского свода, Малохетского и Мессовского валов бурением и сейсморазведкой выявлен резкий перепад (до 1 км и более) абсолютных отметок (сводовая часть крупных структур)

сейсмического отражающего горизонта, приуроченного к подошве юрских отложений. Такие резкие градиенты являются отражением «жизни» глубинных разломов доюрского комплекса пород.

К четвертому и пятому типам относятся разломы, которые опережают более крупные разрывные нарушения. По классификации В. Е. Хайна, их можно отнести к внутриглыбовым или внутрисегментальным. Протяженность их варьирует от 400 до 200 км и менее. Разрывные нарушения этих типов, как правило, располагаются внутри тектонических блоковых полей, блоков и являются преимущественно секущими по отношению к пликативным дислокациям юрско-мелового комплекса пород. Нарушения четвертичного типа (Тарей-Боганидовский, Жданихинский) характеризуются более высокими (по сравнению с пятым типом) значениями параметра λ (0,25—0,50) и пересекают довольно сложные «узлы» сочленения ($C=1,43; 2,09; 2,2$) различно ориентированных магнитных и гравитационных аномалий. Для пятого типа характерны в основном невысокие значения параметра λ (0—0,25) и меньшая протяженность в плане. Возникновение и развитие этих разрывных нарушений связано с «жизнью» более крупных разломов, к которым они приурочены. Простирающиеся нарушения этого типа обычно соответствуют направлениям более крупных разрывов. Но нередко они образуют сеть на стыке диаметрально противоположных направлений разломов первого и второго типов (западнее бассейна р. Пуры, юго-западнее оз. Пясина).

РОЛЬ РАЗЛОМОВ В ФОРМИРОВАНИИ БЛОКОВОЙ СТРУКТУРЫ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО ПРОГИБА

В пределах Енисей-Хатангского прогиба наблюдается сочетание разломов трех преобладающих направлений: субширотных, субмеридиональных и промежуточных между ними. Субширотные разрывные нарушения широко развиты. Они простираются вдоль прогиба и частично прослеживаются под осадочным чехлом Западно-Сибирской равнины. Субмеридиональные разломы пересекают разновозрастные структуры доюрского комплекса пород изучаемого региона и его обрамления. Широтные разломы в сочетании с разломами субмеридионального и других простираний создают решетчатую систему «макротрещиноватости» доюрского комплекса пород, влияющую на распределение структур разного порядка в юрско-меловых образованиях. Таким образом, в пределах рассматриваемого региона выделяется серия блоковых полей, блоков, ограниченных продольными и поперечными разломами. Вопрос о роли разломов в формировании блоковой структуры и значении последней в истории развития Земли неоднократно поднимался в работах А. П. Карпинского, А. В. Пейве, В. В. Белоусова, А. Л. Яншина, К. В. Боголепова, Э. Э. Фотиади, В. Е. Хайна и др.

В ряде работ В. Е. Хаин отмечает, что концепция глыбового строения позволяет объяснить особенности развития тектонических структур и движений: унаследованность, обратимость, волновую миграцию прогибов и поднятий, торцовое сочленение разновозрастных и пересечение разновозрастных складчатых зон и др. Необходимо подчеркнуть, что такой фактор, как унаследованность, хорошо объясняется этой концепцией применительно к молодым платформам. На молодых эпипалеозойских плитах (Западно-Сибирская, Скифская, Туранская), где большое значение в формировании структур осадочного чехла имеет фактор унаследованности их строения от структуры складчатого фундамента, почти повсеместно (как показано исследованиями В. Д. Наливкина и др., 1967 г.; Л. Н. Розанова, 1970 г. и др.) наблюдается хорошее плановое соответствие структур, в том числе и локальных, по разным горизонтам разреза.

Представление об универсальности и определяющей роли блокового строения тектонических структур в настоящее время, по-видимому, доминирует [21]. Несмотря на то что существует немало работ, посвященных блоковой структуре земной коры, в настоящее время все же нет однозначного подхода к классификации блоков и их систематике во взаимосвязи с разломами.

В настоящей работе приняты представления о блоковых структурах О. А. Рыжкова и Н. Я. Кунина. С учетом этих представлений оконтурены, систематизированы блоковые поля, блоки в пределах Енисей-Хатанского прогиба (табл. 22). Их выделение основано на взаимосвязи блоковых и складчатых деформаций, причем, как правило, складчатость не выходит за границы блоковых полей, блоков. Складчатость, проявленная в юрско-меловых отложениях, имеет четкую региональную направленность, определенную деформируемость и неотделима от зон разломов доюрского комплекса пород.

Намечается выраженность разломов доюрского комплекса в более высоких горизонтах (чаще типа сбросов) трассированием наиболее деформированных структур и т. д. Генетическая связь структур осадочного чехла с разломами доюрского комплекса пород проявляется прежде всего в том, что последние контролируют местоположение и простираие крупных структур — мегавалов, рвов и подчиненных им локальных структур. Эта «унаследованность» проявляется также в совпадении простираий структур чехла и геофизических аномалий, отражающих неоднородности доюрского комплекса пород. Сопоставление простираий гравитационных и магнитных аномалий с пликативными дислокациями осадочного чехла показывает, что каждое блоковое поле характеризуется типичным для него одним (реже двумя) преобладающим направлением структур и геофизических аномалий (рис. 30). Выявленные блоковые поля имеют свой набор локальных поднятий, характеризующихся определенными параметрами площади и амплитуды. Одной из отличительных особенностей блоковых полей является различие в мощности и стратиграфической полноте раз-

Таблица 22

Классификация тектонических блоков Енисей-Хатангского прогиба

Порядок	Блочные структуры	№ на рис. 23	Размеры, км	Удлинение
I	Блочные поля	I	350×450	1,29
		II	260×400	1,54
		III	290×460	1,59
		IV	260×300	1,15
		V	240×320	1,33
		Средние	280×390	1,38
II	Блоки	I, 1	210×320	1,52
		I, 2	50×320	6,4
		III, 1	190×280	1,47
		III, 2	70×390	5,57
		III, 3	130×160	1,23
		III, 4	130×180	1,38
		IV, 1	70×340	4,86
		IV, 2	180×280	1,56
		V, 1	110×320	2,91
		V, 2	100×320	3,2
		Средние	124×300	2,49
III	Подблоки	III, 1a	60×280	4,67
		III, 1б	40×250	6,25
		III, 1в	40×270	6,75
		III, 2a	40×380	9,50
		III, 2б	50×400	8,00
		III, 4a	40×180	4,50
		III, 4б	80×180	2,25
		IV, 2a	40×280	7,00
		IV, 2б	120×280	2,33
		Средние	57×270	4,75

резов мезозойских отложений. Такое распределение обуславливает разные наборы тех или иных стратиграфических комплексов, неодинаковые объемы осадочного выполнения структур, а отсюда и различные этажи нефтегазоносности. Для каждого блокового поля намечается определенный характер распределения деформаций отложений мезозоя.

Сопоставление направлений геофизических аномалий с пликативными дислокациями осадочного чехла

Направление простираия крупных структурных элементов, разломов, геофизических аномалий, ориентировка трещин — наиболее хорошо известные и изученные параметры. По мере накопления фактических данных улучшается и уточняется методика геологической интерпретации геофизических аномалий, меняются взгляды на генезис структур, разломов, их роль в истории геологического формирования и т. д. Не меняются лишь представления об их пространственной ориентации. Важность этого параметра в расшифровке тектонического строения, условий формирования складчатых, платформенных и других областей очевидна. Как известно [34], каждая крупная геотектоническая провинция характеризуется типичными для нее одним, двумя, реже — несколькими преобладающими направлениями разрывов. Это способствует расшифровке распределения напряжений, которые отмечаются в процессе деформирования горных пород. Данная величина позволяет выяснить связи структурных форм осадочного чехла со структурами более глубоких горизонтов земной коры. Помимо этого рассматриваемый показатель (направление) наряду с другими параметрами (величина и характер распределения деформаций, тип разломов и т. д.) позволяет полнее и объективнее выделять и систематизировать такие крупные тектонические подразделения, как блоковые поля, блоки и т. д.

Из пликативных дислокаций мезозойского осадочного чехла анализу подвергались структуры первого, второго и третьего порядков. Причем при расчетах крупные структуры (первого и второго порядков) учитывались вместе и на розу-диаграмму (из-за нагруженности схемы) выносились только наиболее часто встречающиеся простираия (см. рис. 30). В связи с тем, что некоторые структуры третьего порядка по различным сейсмическим отражающим горизонтам имели несколько разные направления, были выявлены среднестатические простираия их осей. Результаты, вынесенные на схему, подвергались дальнейшей обработке.

Все анализируемые простираия (дизъюнктивных, пликативных дислокаций и геофизических аномалий) объединялись в системы, для каждой из которых определялся средний азимут простираия. Затем (как это описано в ряде методических работ А. Е. Михайлова и Л. Д. Кноринга) по средним значениям, выраженным в процентной форме, строились розы-диаграммы (см. рис. 30). Как известно, роза-диаграмма представляет собой график, отображающий плотности вероятностей направлений ориентировки исследуемого объекта или, иными словами, функцию распределения их. Следовательно, задача сравнения роз сводится к сопоставлению эмпирических распределений, отраженных на этих диаграммах.

Прежде чем рассматривать результаты сопоставления направлений геофизических аномалий (отражающих неоднородности до-

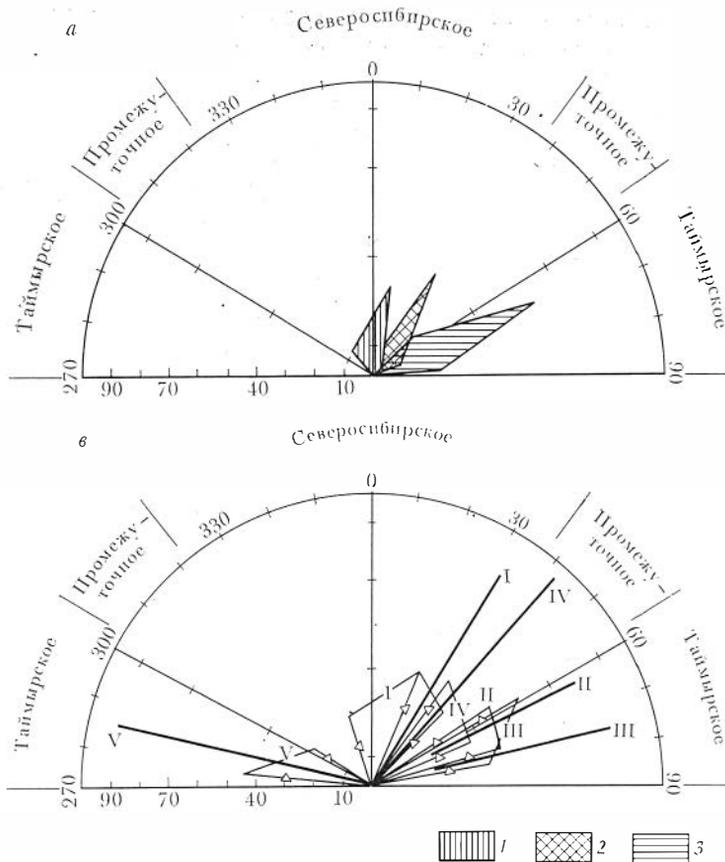
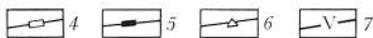
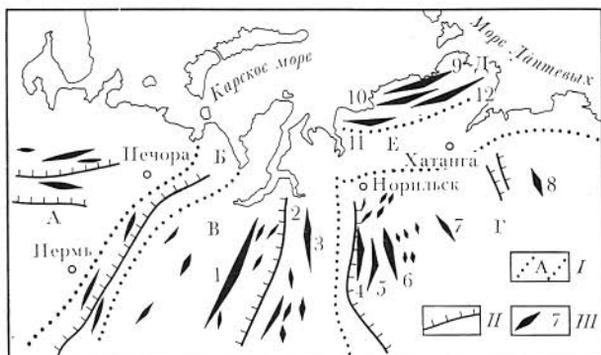
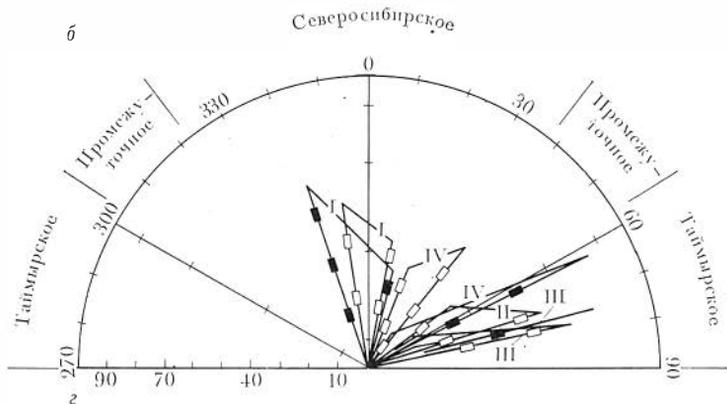


Рис. 30. Соотношение общерегиональных направлений структурных элементов с простираниями геофизических аномалий и пликтивных дислокаций Енисей-Хатангского прогиба.

Розы диаграммы: а — общерегиональных направлений структурных элементов северной части территории СССР (1 — северосибирское — субмеридиональное, 2 — промежуточное, 3 — таймырское — субширотное), б — направления геофизических

аномалий Енисей-Хатангского прогиба (4 — гравитационных, 5 — магнитных), 6 — направления пликтивных дислокаций мезозойского осадочного чехла Енисей-Хатангского прогиба (6 — структур третьего порядка, 7 — структур первого и вто-

юрского комплекса пород) со структурами осадочного чехла в пределах исследуемого региона, проанализируем направление простираний наиболее крупных дислокаций в пределах северной части СССР. Это необходимо для того, чтобы выяснить, являются ли выделенные в пределах Енисей-Хатангского бассейна направления простираний геофизических аномалий и структур закономерными по отношению к общерегиональным направлениям или они хаотичны. В связи с этим был проведен анализ нескольких крупнейших тектонических подразделений, характеризующихся различной историей геологического развития в пределах се-



рого порядков — суммарный вектор в пределах тектонических блоковых полей I—V); σ — обзорная тектоническая схема северной части территории СССР. На схеме: I — границы разновозрастных платформ и складчатых областей; направления крупных дислокаций: II — дизъюнктивных, III — пликтивных. A — Русская платформа, B — Уральская складчатая зона, B — Западно-Сибирская плита, Г — Сибирская платформа, Д — Таймырская

складчатая область, E — Енисей-Хатаангский прогиб; 1 — Хантейская антеклиза, 2 — Колтогорско-Пурский желоб, 3 — Часельский мегавал, 4 — Турухано-Норильская гряда; 5 — Нижнетунгусская впадина, 6 — Дюнкуская впадина, 7 — Чириндинский мегавал, 8 — Суханская впадина; 9 — Карский мегаантиклинорий, 10 — Тарейский антиклинорий, 11 — Западно-Таймырский синклинорий, 12 — синклинорий гор Быранга

ро-восточной части Русской платформы, северной части Уральской складчатой зоны, Западно-Сибирской плиты, Сибирской платформы и Таймырской складчатой области. В границах этих регионов рассматривались лишь наиболее крупные разрывные и пликтивные дислокации. При этом анализировались региональные тектонические карты, схемы одного масштаба, выполненные одним авторским коллективом.

Анализ розы-диаграммы показал, что в пределах названных выше регионов исследуемой северной части СССР наиболее крупные дислокации (Хантейская антеклиза, Колтогорско-Пурский

желоб, Часельский мегавал, Турухано-Норильская гряда, Дюнкунская впадина, Карский мегантиклинорий, Западно-Таймырский синклиний и др.) отчетливо группируются в три основные системы со средними простираниями преобладающих направлений — 13, 34 и 68°. Направления, близкие к субширотным (68°), характерны для дислокаций Таймырской складчатой системы, северо-восточной части Русской платформы и отдельных блоковых полей Енисей-Хатангского прогиба. Общие региональные направления, близкие к субмеридиональным (13, 34°, отмечается разброс в максимумах), характерны для наиболее крупных дислокаций Западно-Сибирской плиты, Сибирской платформы и некоторых блоковых полей Енисей-Хатангского бассейна. Результаты этого анализа с учетом данных по территории Енисей-Хатангского прогиба позволили ориентировочно наметить три общерегиональных направления простираний дизъюнктивных и пликтивных дислокаций, которые условно названы: северо-сибирское (0—35° — северо-восточные румбы, 324—360° — северо-западные румбы); таймырское (58—90° — северо-восточные румбы, 270—304° — северо-западные румбы) и промежуточное (36—57° — северо-восточные румбы, 305—323° — северо-западные румбы).

Проанализируем распределение простирания геофизических аномалий и пликтивных дислокаций мезозойского осадочного чехла по блоковым полям в пределах Енисей-Хатангского прогиба. Роза-диаграмма (см. рис. 30) характеризует господствующие направления гравитационных (положительных и отрицательных) и магнитных аномалий в пределах тектонических блоковых полей. Из диаграммы видно, что геофизические аномалии имеют два разных максимума (342° — для магнитных и 352° — для гравитационных аномалий), отражающих их ориентировку в пределах первого блокового поля. Но в целом простирания аномалий подчиняются Северосибирскому (субмеридиональному) направлению.

Диаметрально противоположные простирания этих же аномалий характерны для второго и третьего блоковых полей. Максимумы, показывающие преобладающие направления гравитационных аномалий (для второго блока 73°, для третьего 76°) и магнитных аномалий (для второго блока 68°, для третьего 78°), не имеют полного планового совпадения, но для них характерно общее Таймырское (субширотное) направление. Простирания гравитационных и магнитных аномалий в пределах четвертого блокового поля имеют более резкие соотношения. Из диаграммы видно, что для гравитационных аномалий преобладающим является направление СВ 39°, для магнитных — СВ 62°, несмотря на то что для последних отмечены простирания, близкие к субмеридиональным. В целом направления простираний рассматриваемых аномалий занимают промежуточное положение между ориентировками простираний описанных выше первого, второго и третьего тектонических блоковых полей.

Роза-диаграмма отражает ориентировку пликтивных дислокаций всех порядков мезозойского осадочного чехла в пределах бло-

ковых полей. На рис. 29 внизу, справа дана обобщающая схема ориентировки направлений геофизических аномалий и структур первого и второго порядков (суммарный вектор).

Северо-восточный максимум (32° , см. рис. 30) отвечает направленности крупных структур (первого и второго порядков), наиболее характерных для первого блокового поля. Незначительно отличается от него максимум (23°), включающий простирания локальных поднятий. Направления простираний геофизических аномалий и структур осадочного чехла в пределах рассматриваемого блокового поля не имеют полного планового совпадения (разброс расхождения довольно значительный, см. рис. 30), но все они характеризуются общерегиональным Северосибирским направлением.

Субширотная ориентировка соответствует преобладающему направлению структур всех порядков, располагающихся в пределах второго и третьего блоковых полей. Простирания локальных поднятий (максимумы: для второго блокового поля 55° , для третьего 59°) хорошо согласуются с ориентировкой крупных структур (максимумы: для второго блокового поля 61° , для третьего 74°). Максимумы, отвечающие направленности геофизических аномалий в пределах этих же блоковых полей, практически находятся в координатах, характерных для структур осадочного чехла.

Четкое положение в распределении направлений структур разного порядка занимает четвертое тектоническое блоковое поле. Северо-восточный максимум (42°) отвечает направленности осей более крупных структур. Близкая ориентировка (38°) соответствует преобладающему направлению осевых частей локальных поднятий. Очень близкое к названным простирание (39°) в этом же блоковом поле характерно для гравитационных аномалий, но магнитные аномалии не имеют с ними прямого пространственного совпадения (их максимум соответствует 62° , см. рис. 30).

Северо-западный максимум (285°) характеризует простирания структур первого и второго порядков пятого тектонического блокового поля. Недалеко от него отстоит максимум (278°), включающий ориентировку локальных поднятий. Для пликативных дислокаций пятого блокового поля характерно общее субширотное направление, но в отличие от других блоковых полей в нем преобладают северо-западные румбы.

Результаты сопоставления простираний гравитационных и магнитных аномалий с направлениями пликативных дислокаций мезозойского осадочного чехла показывают, что каждое блоковое поле отличается типичным для него одним (реже двумя) преобладающим направлением структур и геофизических аномалий.

В целом простирания геофизических аномалий и структур осадочного чехла характеризуются близкими значениями.

Определенные вариации (примерно $30-40^\circ$) в ориентировке крупных структур и геофизических аномалий отмечаются в первом блоковом поле. Некоторый разброс (около 20°) в простирании гравитационных и магнитных аномалий наблюдается в четвертом

блоковом поле. Несмотря на эти колебания, азимуты их простираний подчинены общим региональным направлениям.

Ориентировка структур третьего порядка подчиняется простиранию более крупных структур (первого и второго порядков). Выявленные простирания геофизических аномалий и структур в пределах Енисей-Хатангского прогиба закономерны по отношению к общерегиональным направлениям дизъюнктивных и пликативных дислокаций, выделенных на территории северной части СССР.

Характеристика блоковых полей

Первое и второе блоковые поля располагаются в западной части изучаемого региона. На западе они граничат с Западно-Сибирской плитой по Гыдано-Омскому разлому (см. рис. 23), восточной их границей являются Приенисейская и Северо-Сибирская (субмеридиональная часть) подвижные зоны. Блоковые поля имеют изометричные очертания субмеридионального направления. Между собой они граничат по Танамо-Курьинскому разлому субширотного простирания. В пределах блоковых полей развиты структурные образования, осложняющие Большехетский мегавал и Танамский свод. Наиболее четко выделяются складки, деформирующие Сузунский, Мессовский, Танамский структурные валы. Они протягиваются вдоль флексурно-разрывных зон в субширотном и субмеридиональном направлениях. Для этих блоковых полей весьма характерна средняя статистическая величина простирания пликативных дислокаций (анализировались все сейсмические горизонты). Первому блоковому полю присуще преобладание субмеридионального направления. Разные направления, но с преобладанием субширотных румбов, характерны для второго блокового поля (см. рис. 30). В пределах блоковых полей выделяются 42 антиклинальные структуры. Площади их изменяются от 9 до 225 км² (данные анализа по сейсмическому горизонту IIб). Наибольшими градиентами изменения площадей отличается второе блоковое поле. Их значения варьируют от 32 до 225 км². Величина амплитуды изменяется в широких пределах — от 30 м (Умановское) до 100 м (Яковлевское, Турковское, Дерябинское) и 250 м (Мессояхское). Для первого блокового поля характерны относительно равные величины амплитуд, колебания их незначительны — от 60 м (Майское, Тампейское и др.) до 80 м (Семеновское) и 100 м (Точинское).

Средний градиент удельной кривизны структурной поверхности по объему мезозойских отложений изменяются в широких пределах — от $1,6 \cdot 10^{-5}$ (Казанцевское) до $2 \cdot 10^{-1}$ (Семеновское). Обращает на себя внимание приуроченность относительно высоких значений этого показателя к складкам, трассирующим Приенисейский и Тамано-Курьинский разломы. Это говорит об относительно высокой деформированности осадочных отложений в районе этих участков. Удельная кривизна варьирует в их пределах от $6,8 \times 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-1}$ (см. рис. 26).

Третье и четвертое блоковые поля располагаются в центральной части Енисей-Хатангского прогиба. С запада они имеют четкую тектоническую границу — по крупному разлому контактируют со вторым блоковым полем (см. рис. 23), с юга и севера ограничиваются Северо-Сибирским и Таймырским разрывными нарушениями. На уровне мезозойско-кайнозойских образований южная и северная границы образуют флексуобразную полосу относительно крутого и моноклиального погружения юрско-меловых отложений. В доюрском комплексе пород этим зонам, вероятнее всего, соответствуют разрывы типа отрыва. На востоке граница проводится по Монголо-Сибирскому разлому.

Система Рассохинского и Балахнинского вытянутых мегавалов, сопряженных с Центрально-Таймырским и Дудыптинско-Жданихинским желобами, формирует морфологический «облик» рассматриваемой территории. Характерной особенностью последней является наличие в юго-западной части линейных блоков субширотного простирания, контролируемых разломами. В свою очередь, эти блоки осложнены положительными поднятиями различного порядка. В юго-западной части территории (III тектонический блок) развит Малохетский вал, вытянутый с юго-запада на северо-восток. Структуры третьего порядка Малохетского вала расположены вдоль него и ориентированы в том же направлении. Они часто осложнены дизъюнктивными нарушениями, имеют сравнительно небольшие амплитуды (десятки метров), которые возрастают с глубиной.

На восточном продолжении рассматриваемого вала находится Рассохинский мегавал. Антиклинали и брахиантиклинали, осложняющие эту крупную положительную структурную единицу, по морфологии и расположению аналогичны структурам описанного выше свода. Их амплитуды увеличиваются с глубиной и иногда достигают первых сотен метров. Площади структур также возрастают с глубиной, достигая в пределах Джангодской структуры 231 м.

В пределах Агапского рва, располагающегося в южной части III блока, положительные поднятия охарактеризованы, как правило, двумя-тремя сейсмическими горизонтами (Iв, IIб и реже Ib или Ig). На уровне IIб отражающего сейсмического горизонта структуры «ведут себя» по-разному. Так, Якимовская и Логовская антиклинали вырождаются в моноклинали, Кубинское ЛП имеет незначительные площадь (42,2 км²) и амплитуду (80 м), Среднепясинская антиклиналь (южная часть локального прогиба) характеризуется увеличенными площадью (128 км²) и амплитудой (300 м).

Восточная часть Енисей-Хатангского прогиба представлена четвертым структурно-тектоническим блоковым полем изометричного очертания. Северная и южная границы поля проходят по крупным Таймырскому и Северо-Сибирскому разломам, западная по Хета-Логатинскому разлому, на востоке по Монголо-Сибирской подвижной зоне поле граничит с Анабаро-Хатангской седловиной.

В осевой части этого крупного тектонического блокового поля, простирающегося с юго-запада на северо-восток, расположен Балахтинский вытянутый мегавал (см. рис. 22), ограниченный с севера Турковским и Южно-Кубалахским, с юга Баганинским и Жданихинским рвами. В пределах этого крупного мегавала расположены Балахнинская, Томотская, Таймырская, Долганская и Владимирская антиклинали, имеющие в среднем большую площадь и значительную амплитуду. Так, Балахнинское положительное поднятие на уровне Пб сейсмического горизонта имеет площадь 790 км² и амплитуду около 530 м. Наибольшими площадью (2120 км²) и амплитудой (620 м) отличается Владимирская брахиантиклиналь, а наименьшие значения этих параметров характерны для Томотской (площадь 52 км²) и Таймырской (амплитуда 120 м) складок (см. рис. 24, 25).

На юго-западном продолжении Балахнинского мегавала находится Курьинское куполовидное поднятие. Серией субширотных и субмеридиональных локальных разрывных нарушений, протягивающихся со стороны Томотской брахиантиклинали, оно раздроблено на мелкие блоки и делится в своей центральной части как бы надвое. Выделенные сейсморазведкой в пределах этого поднятия структуры (Новая и Курьинская) имеют большие амплитуды (300 и 600 м соответственно) и довольно значительные площади (250 и 165 км², Пб сейсмический горизонт).

В пределах блоковых полей отмечаются два направления простираний пликативных дислокаций различного порядка. Субширотное направление (средняя статистическая величина вектора простирания по различным сейсмическим горизонтам) преобладает в пределах третьего блокового поля, северо-восточное — юго-западное характеризует четвертый структурно-тектонический блок (см. рис. 30). Структуры более мелких порядков подчиняются общим региональным простираниям более крупных, расположение которых в пространстве, в свою очередь, контролируется разломами.

Величина среднего градиента удельной кривизны структурной поверхности по объему мезозойских отложений в пределах исследуемой части прогиба изменяется в широких пределах — от $5,1 \times 10^{-6}$ (Владимирское ЛП) до $4,5 \cdot 10^{-1}$ (Пясинское ЛП).

Третье блоковое поле в своей юго-западной части отличается высокими значениями этого показателя — от $5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ и более. Порядок этих величин свидетельствует о высокой деформированности слоистой среды. Основная область высоких значений среднего градиента удельной кривизны структурной поверхности приурочена к складкам в юрско-меловых образованиях, пространственно тяготеющим к Приенисейскому и Танамо-Курьинскому разломам, четко фиксирующимся в геофизических аномалиях на уровне доюрского комплекса пород.

В пределах четвертого структурно-тектонического блокового поля область распространения рассматриваемого показателя имеет северо-восточное — юго-западное направление. Причем отме-

чается определенная асимметрия в распределении этого параметра. Относительно высокие значения с колебаниями от $5 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ приурочены к полосе сочленения Балахинского вытянутого мегавала с Жданихинским рвом, захватывают Томотскую антиклиналь и северную часть Курьинского куполовидного поднятия.

Пятое блоковое поле отражено на схеме лишь своим западным окончанием. Оно расположено в восточной части Енисей-Хатангского прогиба, ограничиваясь с севера и юга Таймырским и Северо-Сибирским разломами глубинного заложения. Западной границей поля является Монголо-Сибирская подвижная зона.

Плановое положение и структурно-морфологический облик рассматриваемой территории контролируются названными выше разломами и восточной частью Танамо-Курьинского разлома субширотного простиранья, разделяющим пятое блоковое поле на два крупных тектонических блока (см. рис. 23). Северный блок изучен весьма незначительно; южный блок, по данным геофизических исследований, системой более мелких разрывных нарушений (на схеме не показаны) преимущественно субширотного простиранья раздроблен на более мелкие субблоки. Группа складок третьего порядка, расположенных в пределах рассматриваемого блока, осложняет Харатумусский и Тигяно-Анабарский своды. Генетически и морфологически они весьма разнообразны. Общее направление простиранья структур третьего порядка (субширотное) определяется более крупными пликативными дислокациями.

Наиболее распространены брахиантиклинальные поднятия, связанные с ундуляцией шарнира более крупных структур и сформировавшихся в результате дифференцированных вертикальных движений блоков. Широко развиты соляные купола, а также поднятия, образовавшиеся над интрузиями изверженных пород. Размеры и величины амплитуд колеблются незначительно. Так, размеры Нордвикской диапировой структуры по подошве верхнего триаса составляют 8×3 км, амплитуда 500 м. Южно-Тигянское поднятие по кровле глауконитовых песчаников (верхнепалеозойский—раннемезозойский структурный комплекс) имеет размеры 6×2 км и амплитуду 250 м. Минимальные размеры соляных штоков варьируют в следующих пределах: площадь $1,5—10,9$ км², высота $2,5—3,0$ км, объем $3,7—32,7$ км³. Удельная кривизна структурной поверхности высокая (см. табл. 19) — от $2,5 \cdot 10^{-1}$ (Нордвикское ЛП) до $5,5 \cdot 10^{-1}$ (Усть-Тигянское ЛП). В целом для структур рассматриваемой части прогиба характерны небольшие площади и относительно высокие значения амплитуд.

Распределение структур в восточной и западной частях Енисей-Хатангского прогиба

Изложенные материалы позволяют сделать выводы о распределении основных структурных параметров, характеризующих складки юрско-меловых отложений (амплитуда, площадь складки,

ее удельная кривизна, среднестатистическая ориентировка простирающихся пликтивных дислокаций и геофизических аномалий и т. д.) в пределах восточной и западной частей прогиба.

1. В целом для всего Енисей-Хатангского прогиба можно отметить, что структурный план меловых отложений соответствует структурному плану юрских образований. Для большинства пликтивных дислокаций любого ранга (порядка) характерно их наличие как в юрско-меловых, так и в триасовых отложениях.

2. Комплексный анализ геолого-геофизических материалов позволил установить сложное блоково-складчатое строение восточной и западной частей прогиба. Складчатость, проявленная в юрско-меловых отложениях, неотделима от зон разломов доюрского комплекса пород.

3. Сравнение параметров структурных элементов западной и восточной частей исследуемого региона позволяет наметить их отличительные особенности. Выявлено, что число структур в западной части прогиба почти вдвое больше, чем в восточной. Пликтивные дислокации (разного знака) восточной части имеют несколько меньшие размеры. Западная и восточная части различаются также мощностью и стратиграфической полнотой разрезов мезозойских отложений. Это обуславливает различные наборы тех или иных стратиграфических комплексов, неодинаковые объемы осадочного выполнения, а отсюда и различные этажи нефтегазности.

4. Результаты сопоставления простирающихся гравитационных и магнитных аномалий с направлением пликтивных дислокаций юрско-меловых отложений показывают, что каждое блоковое поле западной и восточной частей прогиба характеризуется типичным для него одним (реже двумя) преобладающим направлением структур и геофизических аномалий.

Северо-восточный максимум (32° , см. рис. 30) отвечает направленности крупных структур (первого и второго порядков), наиболее характерных для первого блокового поля. Направления простирающихся геофизических аномалий и структур осадочного чехла (в пределах рассматриваемого блокового поля) не имеют полного планового совпадения (см. рис. 29), но все они характеризуются общерегиональным северосибирским направлением.

Субширотная ориентировка соответствует преобладающему направлению структур всех порядков, располагающихся в пределах второго и третьего блоковых полей. Простирающиеся ЛП (максимумы: для второго блокового поля 55° , для третьего 59°) хорошо согласуются с ориентировкой крупных структур (максимумы: для второго блокового поля 61° , для третьего 74°). Максимумы, отвечающие направленности геофизических аномалий (в пределах этих же блоковых полей), находятся практически в тех же координатах, что и структуры осадочного чехла.

Четкое положение в распределении направлений структур различного порядка занимает четвертое блоковое поле. Северо-восточный максимум (42°) отвечает направленности осей более крупных

структур. Близкая ориентировка (38°) соответствует преобладающему направлению осевых частей ЛП.

Северо-западный максимум (285° , см. рис. 30) характеризует простирание структур первого и второго порядков пятого тектонического блокового поля. Близок к нему максимум (278°), включающий ориентировку ЛП. Для пликативных дислокаций характерно общее субширотное направление, но в отличие от других блоковых полей здесь преобладают северо-западные румбы.

5: Большинство складок западной и восточной частей прогиба (разного знака, первого и второго порядков) характеризуется близкими средними величинами удлинений, причем преимущественное распространение имеют вытянутые структуры (параметр удлинения равен 3, а во многих случаях и значительно больше). Это позволяет считать, что основное число складок (Рассохинский мегавал, Дудыптинско-Жданихинский желоб, Балахнинский мегавал и др.), вероятнее всего, приурочено к крупным зонам разрывных нарушений, выделяющихся в доюрском комплексе пород.

6. Анализ распределения величин амплитуд и размеров площадей ЛП свидетельствует о приуроченности их наибольших значений к приосевой части прогиба. При этом отмечается, что средние значения амплитуд и размеров площадей западной части территории значительно меньше, чем восточной. Величины этих параметров в западной части прогиба следующие: площади $10\text{—}150\text{ км}^2$, амплитуды 30 м, чаще $80\text{—}100$ м, единичные 300 м; в восточной части — площади $150\text{—}300\text{ км}^2$ и больше, амплитуды $300\text{—}450$ м. Характерно, что в пределах западной территории прогиба повышенные значения среднего градиента удельной кривизны ЛП связаны с приосевой частью. При этом колебания абсолютных значений весьма существенны: от $1,6 \cdot 10^{-5}$ (Казанцевское поднятие) до $2 \cdot 10^{-1}$ (Семеновское поднятие). В восточной части отмечается иная зональность в распределении деформаций. В частности, к приосевой зоне Балахнинского мегавала приурочены относительно низкие значения ($5 \cdot 10^{-4}$, $5 \cdot 10^{-5}$ и менее), которые к его периферии постепенно возрастают ($5 \cdot 10^{-3}$), т. е. наблюдается противоположная тенденция в изменении распределения среднего градиента удельной кривизны ЛП. В результате изучения этого параметра (IIб сейсмический горизонт, отождествляемый с нижне-мезозойскими отложениями) выявляется аналогичное изменение его значений в пространстве. На территории западной части прогиба относительно высокие значения характерны для приосевой зоны. В восточных районах (в пределах Балахнинского мегавала), в частности в Анабаро-Хатангской седловине, значения этого параметра возрастают от центра к периферии. Выявленные закономерности распределения деформаций мезозойских отложений рассматриваемого прогиба позволяют сделать вывод о том, что разные типы разломов доюрского комплекса пород, вероятно, контролируют распространение структур, определяют их морфологию и ориентировку в осадочном чехле.

Часть III

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА В КОМПЛЕКСЕ НЕФТЕПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ГЛАВА 6.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ СТРУКТУРНЫХ ПЛАНОВ ГЛУБИННЫХ ГОРИЗОНТОВ ЛОКАЛЬНЫХ И БОЛЕЕ КРУПНЫХ ПОДНЯТИЙ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНАХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХСЯ РАЗНОЙ ИСТОРИЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Метод прогнозирования и реконструкции структурных планов глубинных горизонтов локальных и более крупных поднятий апробирован на структурах целого ряда нефтегазоносных бассейнов Сибири и Средней Азии (Енисей-Хатангский прогиб, Западно-Сибирская плита, Вилюйская синеклиза, Ферганская межгорная впадина и др.). Кроме того, в пределах юго-западной части Ферганской впадины проведена промышленная проверка способа независимыми геофизическими исследованиями (сейсморазведкой МОВ) и глубоким бурением.

ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКИЙ ПРОГИБ

В результате детального изучения условий осадконакопления, цикличности мезозойских отложений, стратиграфии в пределах восточной части (включая Балахнинскую площадь) Енисей-Хатангского прогиба дана иная, чем предполагалось ранее, стратиграфическая привязка сейсмических отражающих горизонтов, определены возраст и условия формирования продуктивного горизонта Балахнинского мегавала, а также возможные глубины резервуаров нефти и газа. В связи с этим в пределах данной части региона, в частности на Балахнинской площади, возникла необходимость прогнозирования и реконструкции структурных планов локальных и более крупных поднятий по глубинным горизонтам, включая триасовые образования и кровлю продуктивного ааленского горизонта.

В осадочном разрезе Балахнинского мегавала прослеживаются три отражающих сейсмических горизонта: III, IVб и V. Геофизики треста Красноярскнефтегазразведка предварительно стратифицировали их следующим образом: горизонт III соответствует подо-

шве юрско-мелового комплекса, IVб — подошве триасовых (?) отложений, V — верхнепалеозойско-раннемезозойскому (?) комплексу. Стратиграфическая разбивка разреза Балахнинской скважины позволяет существенно изменить представление о стратиграфической приуроченности отражающих горизонтов. Самый верхний горизонт I приурочен, вероятнее всего, к келловейским отложениям, III — к средней части среднеюрских отложений, V — находится, вероятно, внутри триасовых отложений.

Таким образом, в связи с высокой оценкой нижних частей мезозойского осадочного чехла и измененной стратиграфической привязкой сейсмических отражающих горизонтов необходимо, используя материалы по данным отражающим горизонтам, реконструировать и прогнозировать структурные планы по кровле продуктивной толщи, кровле триасовых (?), кровле предполагаемых палеозойских отложений. С этой целью применен метод, предусматривающий использование проективной и дифференциальной геометрии при анализе крупных поднятий (см. гл. 2).

При прогнозировании и реконструкции структурных планов по кровле ааленской продуктивной толщи, предполагаемой кровле триасовых отложений и горизонту, отождествляемому с верхней частью пермских образований, взята за исходную информацию структурная карта по сейсмическому горизонту III, составленная Н. Е. Котт в 1974 г. В результате ортогональных преобразований построены эволюта кривой AB и центр проектирования O в пределах поперечных и продольных профилей (рис. 31). Анализ пликативных дислокаций по сейсмическому горизонту III показывает различную степень их искривления. Характер формы эволюты позволяет аппроксимировать кривые в пределах I—VII профилей гиперболическим типом. Способом проективных преобразований осуществлена реконструкция нижележащих горизонтов — $A'B'$ (аален), $A''B''$ (предполагаемая граница юрских и триасовых отложений), $A'''B'''$ (горизонт, отождествляемый с верхней частью внутрипермских образований) — и построены структурные карты (рис. 32).

Реконструирование этих горизонтов осуществлялось преобразованием подобия с частными центрами проектирования в точке O в пределах I—VII профилей. В пределах I—III профилей в искривленной области DE (см. рис. 31) нижележащие горизонты реконструированы перспективно-аффинным преобразованием, где центром гомотологии явилась несобственная точка.

Изменение мощностей от свода к крыльям подчиняется следующим функциональным зависимостям: $h=b=A_1$; $h=K_1x+b=A_2$.

Область изменения мощностей показана контуром на рис. 13. В пределах Балахнинской структуры мощность от свода к крыльям уменьшается по линейному закону. Наибольший градиент изменения мощности отмечается для юго-западных крыльев Балахнинского и Томотского ЛП.

Изучение структур данным методом позволяет сделать следующие выводы. В толще триасовых и юрских пород в целом на-

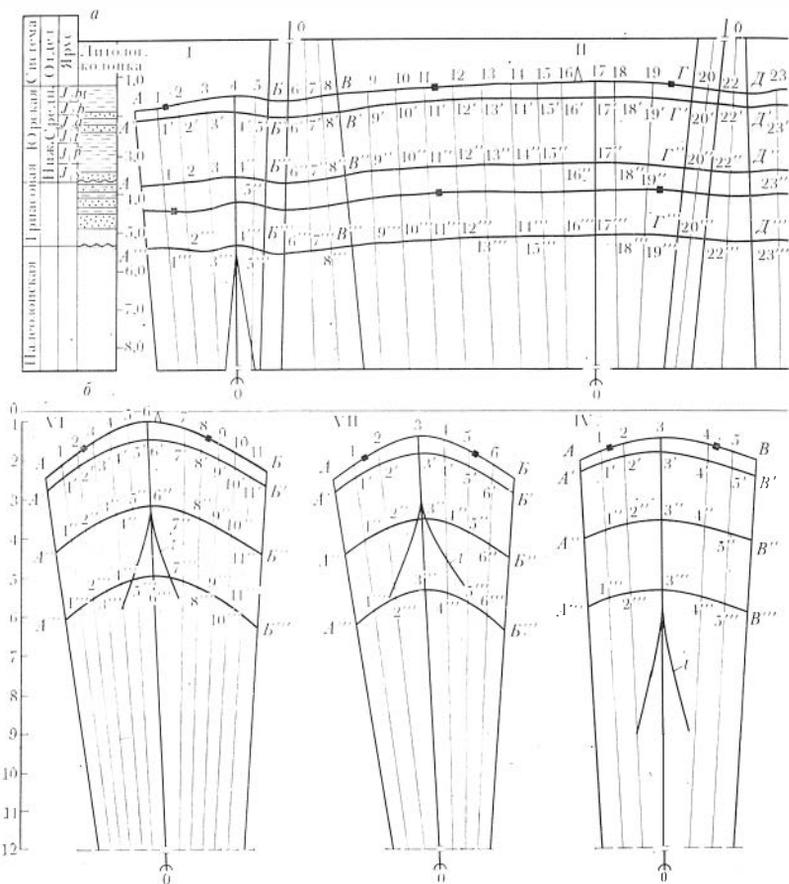


Рис. 31. Продольные и поперечные геологические профили через центральную часть Балахнинского мегавала.

Енисей-Хатангский прогиб, профили: *a* — продольные, *б* — поперечные; *в* — функции распределения мощностей (см рис. 13); 1 — преимущественно алевроито-песчаные породы; 2 — глины; 3 — песчаники; 4 — поверхность размыва и несогласия; 5 — предполагаемая кровля палеозойских отложений; 6 — горизонты, по данным прогнозных построений; 7 — сейсмические горизонты, по данным сейсморазведки МОВ; 8 — буровые скважины

блюдается согласованность структурных планов по различным отражающим горизонтам. Это дает возможность трансформировать структурные планы на любых интересующих нас стратиграфических уровнях мезозойских отложений, в том числе по кровле выявленного и предполагаемого продуктивных горизонтов.

Исследования, выполненные по Балахнинскому мегавалу, свидетельствуют о возможности использования данной методики для прогнозирования интересующих геологов-нефтяников горизонтов в толще мезозойских пород бассейна. Это имеет важное значение в связи с тем, что отражающие горизонты часто не совпадают с продуктивными, а по глубокозалегающим горизонтам материалы

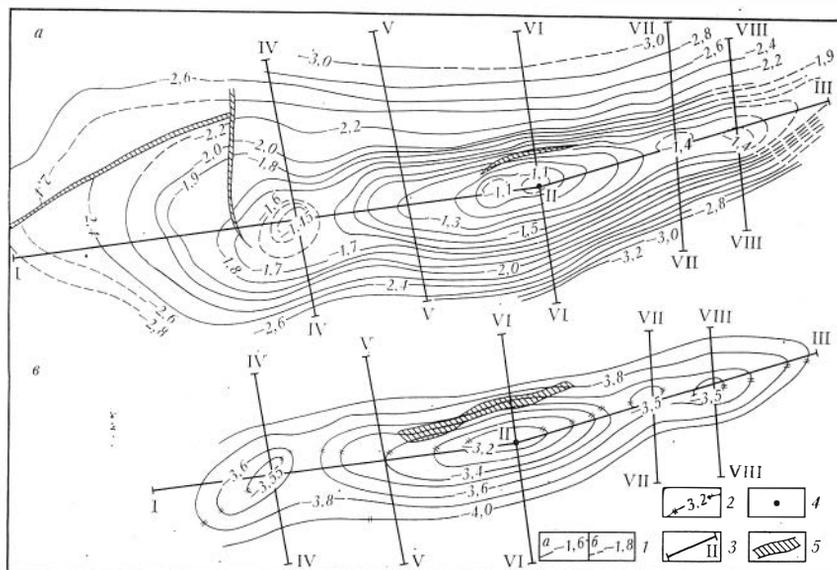


Рис. 32. Структурные карты, по данным сейсморазведки МОВ и прогнозных построений.

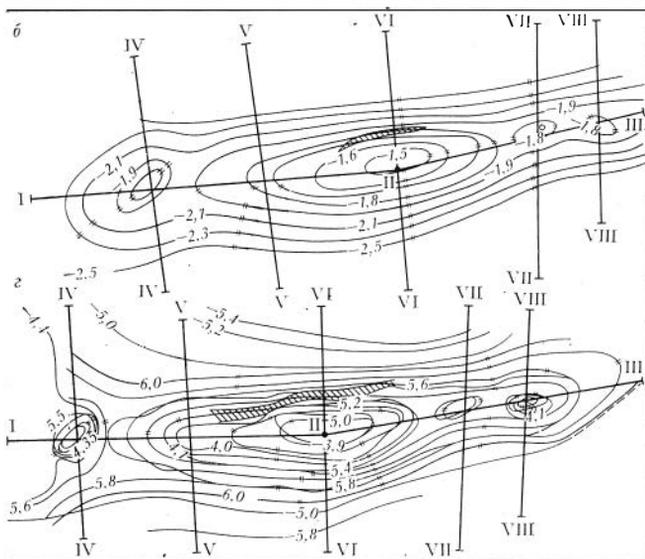
Структурные карты: *a* — по сейсмическому горизонту III, *б* — по кровле продуктивного горизонта (аален, средняя юра), *в* — по кровле предполагаемых триасовых отложений; *г* — сопоставление структурных карт (сейсмического горизонта V и горизонта, отождествляемого с верхней частью пермских отложений). *1* — изогонисы, по данным сейсморазведки МОВ: *a* — достоверные, *б* — предполагаемые, *2* — изогонисы, по результатам прогнозных построений; *3* — профили; *4* — буровые скважины; *5* — дизъюнктивные дислокации, выделенные по данным сейсморазведки МОВ

На породах фундамента (возраст которого, по данным В. С. Бочкарева, соответствует девону) и коры выветривания залегают отложения тюменской свиты. Выше вскрыты породы верхней юры, мела и палеогена. Неогенные отложения отсутствуют, а на породах журавской свиты (верхний олигоцен) залегают четвертичные осадки мощностью до 40 м. Общая мощность осадочного чехла составляет 3100—3200 м. В пределах месторождения залежи нефти выявлены в семи пластах: Ю₂, Ю₀, БС₁₆, БС₂₁, БС₆, АС₁₁ и АС₁₀. Кроме того, зафиксированы нефтепроявления в пластах БС₄, АС₉ и АС₅₋₆.

За исходную информацию при прогнозировании глубинных горизонтов взята подошва пласта (АВГД) АС₄₋₅ верхнеартовской подсвиты, построенного по данным глубокого бурения. Прогнозировались подошва пимской пачки — разрез А'В'Г'Д' и подошва баженовской свиты разрез А''В''Г''Д'' (рис. 33).

Функция изменения мощности $\varphi(x)$ предполагалась постоянной $\varphi(x) = \text{const}$, так как перепады мощности по изученному разрезу незначительны, не более первых десятков метров. Построение осуществлялось по методике, описанной в гл. 2.

В результате расчетов была построена эволюта кривой АВ, ГД и получены точки *O* и *O*₁, которые показывают «вырождение»



искривленной области с глубиной. Определение этого параметра имеет важное значение, так как в некоторых нефтегазоносных бассейнах (Ферганская межгорная впадина, Таджикская и Амударьинская депрессии и др.) существуют так называемые складки покрова, картируемые по кайнозойским горизонтам и «вырождающиеся» в мезозойских образованиях. Подобные расчеты позволяют выявлять также структуры (они практически не разбираются).

Нижележащие горизонты (пимская пачка нижневартовской подсвиты А'В'Г'Д' и кривая баженовской свиты А''В''Г''Д'') реконструированы перспективно-аффинным преобразованием, где центром гомотопии являлись несобственные точки O и O_1 . Линии связи между стратиграфическими горизонтами не были параллельны друг к другу и сходились в точке O .

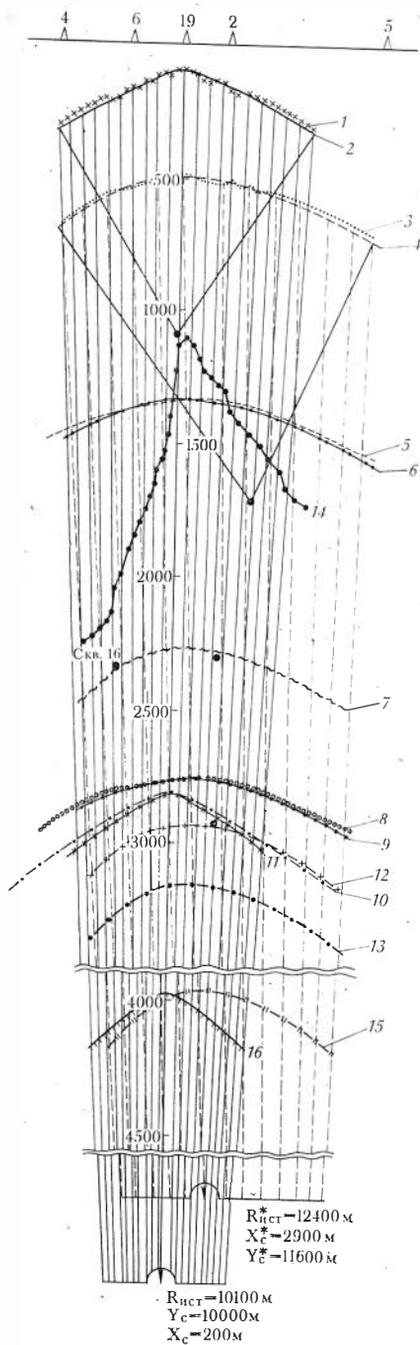
Неджелинская структура находится в пределах Хапчагайского мегавала, который впервые был выделен в 1957 г. Г. Д. Бабаяном, Г. В. Бархатовым, А. К. Бобровым и другими исследователями по результатам гравиметрической съемки. Поднятие простирается от устья р. Тюнг до устья р. Алдан на 340 км. Ширина его внутри замкнутой изогипсы колеблется от 50 до 85 км. Результаты комплексных геофизических исследований позволяют предполагать, что в строении разреза осадочного чехла Хапчагайского мегавала не участвуют отложения ордовика и силура и значительно сокращена мощность отложений кембрия и девона. Вследствие глубокого погружения в мезозое и особенно нижнем мелу накопилась толща терригенных отложений, мощность которых увеличивается в северном направлении от 3200 до 5000 м [3].

Результаты бурения, геологической и геофизической съемок, а также работы разных научных и производственных организаций (ИГиГ СО АН СССР, СНИИГГиМСа, ВНИГРИ, Якутского филиала СО АН СССР, Якутского геологического управления и др.) дали возможность оценить перспективы Вилюйской синеклизы, в частности Хапчагайского мегавала, на нефть и газ. Согласно общему мнению, перспективными здесь являются комплексы пород верхнего протерозоя — нижнего палеозоя, девона — нижнего карбона. Как показали комплексные геологические исследования, проведенные сотрудниками лаборатории геологии нефти и газа ИГиГ СО АН СССР под руководством А. А. Трофимука, весьма перспективны образования перми.

Анализ циклокомплексов в пределах пермо-триасовой части разреза (вскрытой глубоким бурением) показал, что для прироста запасов газа и открытия новых залежей в пределах Хапчагайского свода перспективными представляются пермские отложения (на более глубоких уровнях). В частности, сделан вывод о том, что верхнепермский циклокомплекс может быть генератором и аккумулятором залежей углеводородов. Поэтому возник вопрос о прогнозировании более глубоких горизонтов.

Структурные построения (по профилю) сделаны в пределах Неджелинской структуры (рис. 34). Выбор ее для глубинных построений не случаен. Во-первых, это ЛП до глубины 2500 м хорошо изучено сейсморазведкой МОВ и глубоким бурением, данные которых являются хорошим материалом для обработки методики прогнозных построений. Во-вторых, весьма перспективными предполагаются пермские отложения (глубины 3000, 4000 м и более). Какая-либо информация по этим горизонтам отсутствует. Таким образом, наличие надежного материала (по данным других методов) до определенных глубин и практическая необходимость определения геометрии более глубоких горизонтов (3000, 4000 м и т. д.), обусловили данный выбор. На Неджелинской структуре проведены комплексные (по геолого-геофизическим данным) исследования с целью прогнозирования глубинных горизонтов.

Исходным материалом для прогнозных глубинных построений являлись структурная карта по условному сейсмическому горизонту Д — верхнемеловые отложения (по данным сейсморазведки МОВ) и структурная карта по подошве нижнемеловых отложений (по данным глубокого бурения). Путем пересечения названных структурных поверхностей вертикальной плоскостью были получены разрезы в виде кривых линий (см. рис. 34). Полученные разрезы аппроксимировались аналитической функцией $y=f(x)$ по методу наименьших квадратов, где $f(x) = a_1 + a_1x + a_2x^2$. Затем для каждой исходной кривой линии (поперечный разрез) определялись направление смещения свода, центр проектирования, функция изменения мощности и т. д. Необходимо отметить, что функция изменения мощности предполагалась практически постоянной, так как градиенты ее изменения по разрезу незначительны. Необходимые параметры для прогноза вычислялись при помощи



программы аппроксимации полиномом второй степени. Все построения сделаны по методике, описанной в гл. 2. В результате были построены прогнозные глубинные горизонты, отождествляемые с подошвой среднеюрских отложений и кровлей горизонта пермских образований (?) на глубине 4000 м. Анализируя результаты построения, можно отметить хорошее совпадение глубинных горизонтов бурения, сейсморазведки МОВ и предлагаемой методики (см. рис. 34).

ФЕРГАНСКАЯ МЕЖГОРНАЯ ВПАДИНА

В южной части Ферганской межгорной впадины находятся два газонефтяных месторождения — Северный Сох и Северный Риштан. В пределах этих структур (в поперечном профиле) даны прогнозные построения глубинных горизонтов. На рис. 11 были показаны поперечные разрезы Северо-Сохского и Северо-Риштанского газонефтяных месторождений.

Рис. 34. Геолого-сейсмический разрез по профилю скв. 4—6—19—2—5 Неджелинского месторождения (Вилуйская синеклиза). Ортогональное преобразование подошвы нижнемеловых отложений (горизонт III). Составил А. И. Прокопенко при участии Ю. Я. Лыкова.

Исходные данные: 1, 10 — отражающие горизонты по данным сейсморазведки МОВ; 2 — аппроксимированный сейсмический горизонт, выраженный уравнением вида $y = 1,2 - 0,045x + 0,04x^2$; 3, 5, 8 — поведение геологических границ по данным глубокого бурения; 4 — аппроксимированная кривая (данные глубокого бурения), выраженная уравнением вида $y = 10,1 - 0,9x + 0,36x^2$. Результаты построений — реконструированные горизонты при анализе: 11, 16 — сейсмических данных, 6, 7, 9, 12, 13, 15 — данных глубокого бурения; 14 — эволюта кривой

Северо-Сохская антиклиналь находится южнее г. Коканда, на границе Узбекской ССР и Киргизской ССР. Складка сложена осадочными образованиями юры, мела, палеогена и неогена. Простирание структуры близко к широтному. На поверхности она выражена слабым перегибом сохских конгломератов, обнаженных в бортах Сохской долины. В отложениях палеогена отмечается четко выраженная обособленная антиклиналь. Складка имеет асимметричное строение со смещением свода к югу. Углы падения на южном крыле 18—25°, на северном 30—33°. В рассматриваемом районе отмечается региональный уклон слоистой толщи, в связи с чем углы падения на крыльях складки различны. Геометрические же характеристики складки не испытывают каких-либо изменений ввиду того, что параметры, определяющие свойства геометрии поверхности, зависят от местоположения на ней точек, но не от положения этой поверхности в пространстве.

Палеогеновые горизонты III, IV, V и VII Северо-Сохского месторождения содержат газовые залежи с очень небольшими скоплениями нефти на отдельных участках. В присводовой части четвертого горизонта IV развита газовая шапка с оторочкой нефти. Горизонт VIII нефтеносный. Залежи газа в меловых отложениях (горизонты XIV, XVIII и XXII) занимают наиболее высокую часть структуры и имеют незначительные размеры. Все залежи месторождения пластовые, сводовые, по данным С. Н. Симакова, В. Г. Клайнберга и др.

Северо-Риштанская складка находится в южной части Ферганской впадины в пределах Ошской области Киргизской ССР, в 12 км к югу от селения Куйбышево (Риштан). Антиклиналь сложена породами палеогена, обнаженными до алайского яруса. Более древние отложения вскрыты здесь скважинами; на глубине помимо палеогеновых отложений встречены меловые и юрские. Структура имеет субширотное простирание; длина ее по поверхностным измерениям равна 10,5 км, ширина 1,5 км. Складка асимметрична. Угол наклона пород палеогена на северном крыле 70—85°, на южном — 20—25°.

Из XVII и XVIIa горизонтов устричной свиты получена легкая нефть, а в скв. 1 и 17 из льяканских известняков — нефть с водой. Из сенонских отложений (палванташская свита) получен газ.

Прогнозные глубинные построения осуществлены от детально изученных глубоким бурением кровли (у Северо-Сохской антиклинали) и подошвы (у Северо-Риштанской антиклинали) палеогена (см. рис. 11). Способом проективных преобразований сделан переход от описанных выше поверхностей к нижележащим горизонтам. Характер формы эволюты (вершина которой направлена вверх) ортогонально преобразованных горизонтов позволяет аппроксимировать их кривой гиперболического типа.

Изменения мощности от свода к крыльям складок подчиняются следующим функциональным зависимостям: для Северо-Сохской антиклинали $h = b = A_1$; $h = \varphi_2(x) B_2$; для Северо-Риштанской антиклинали $h = \varphi_2(x) = B_2$. Реконструкция кровли IV, VIII (у Се-

веро-Сохской антиклинали) и XIV (у Северо-Риштанской антиклинали) горизонтов осуществлялась с помощью преобразования подобия с частными центрами проектирования для свода и крыльев складок (*Д, Е, В, С*). Кровля нижележащих (XVa, XXII — Северо-Сохская; XVI, XVIII — Северо-Риштанская антиклинали) горизонтов реконструирована перспективно-аффинным преобразованием, центром гомологии являлась несобственная точка. Положение в пространстве вершины эволюты указывает направление смещения свода при движении от более молодых к более древним горизонтам (у обеих структур).

Рассмотренный способ прогнозирования глубоких горизонтов подтверждается также фактическими данными по многим конседиментационным складкам, осложняющим Каратау-Андижанскую, Дигмай-Супетаускую, Нырынскую и другие зоны поднятий.

Папанская площадь находится на северо-востоке Ферганской впадины, южнее г. Оша. В пределах этой территории проведены сейсморазведочные работы МОВ с целью изучения строения глубоких горизонтов мезозойско-кайнозойского осадочного чехла и выявления структурных ловушек. Работы проводила Северо-Ферганская геофизическая партия Киргизского ТГУ, преобразованная в 1975 г. в партию № 3 треста Саратовнефтегеофизика. На этом примере показана возможность совместного анализа данных, полученных с помощью методики прогнозирования глубоких горизонтов и сейсморазведкой МОВ. Кроме того, дана реконструкция верхних и более глубоких горизонтов с использованием промежуточного горизонта (т. е. реализовано решение прямой и обратной задач).

Сложность геологического строения и тектоники не позволила получить четкие отражающие сейсмические горизонты по всей глубине осадочного чехла. Предполагаемый геологический разрез в пределах Папанской площади — переслаивание терригенных отложений (неогенового и мелового возраста) с карбонатной толщей палеогена. Прогнозировались большие мощности терригенных образований. С поверхности отмечались многочисленные разрывные нарушения, обуславливающие блоковое строение территории. Наличие дизъюнктивных дислокаций и неблагоприятный разрез осадочного чехла отрицательно влияли на качество прослеживаемости основных групп отражений и качество первичного материала. Эта сложная геологическая обстановка не позволила трассировать опорные отражающие горизонты на разных глубинах и по всей площади. В пределах региона с определенной степенью уверенности прослежен один сейсмический горизонт, отождествляемый с кровлей палеогена (III).

Прогнозные построения верхних (I, II, отождествляемых с неогеновыми отложениями) и нижних (IV, V, отождествляемых с меловыми отложениями) горизонтов осуществлены ортогональным преобразованием сейсмического горизонта III (рис. 35). Изменение мощности от свода к крыльям предполагалось равным $h=b=A_1$. Положение в пространстве вершины эволюты (у обеих

антиклинальных перегибов) показывает направление смещения свода с глубиной. В местах сгущения волн дифракции, отмеченных сейсморазведкой МОВ, предполагаются разрывные нарушения. Прогнозные построения позволили определить и проследить амплитуду разлома с глубиной в местах, где функция претерпевает разрыв.

Благодаря комплексному подходу к обработке геофизической информации поставленная задача была выполнена — обнаружены структурные ловушки на глубинах, интересующих геологов-нефтяников. Даны совместные рекомендации для проведения глубокого бурения.

Кайрагач-Тогапская группа структур находится в юго-западной части Ферганской долины в пределах Ляйлякского района Ошской области Киргизской ССР и Чкаловского района Ленинабадской области Таджикской ССР. Северо-западная часть этой территории находится в 25 км к юго-западу от г. Ленинабада. В пределах рассматриваемой территории изучено семь антиклинальных складок — Кайрагачинская, Восточно-Кайрагачинская, Карагачинская, Тамчинская, Южно-Тамчинская, Тогапская и западная часть Ташватской (см. рис. 37).

В пределах картируемой территории на поверхность выходят палеогеновые (алайские, туркестанские, риштанские, исфаринские, сумсарские слои), неогеновые (нерасчлененная толща верхнего олигоцена и миоцена, плиоцен) и четвертичные отложения. Относительно небольшую площадь (2—6 %) занимают палеогеновые и неогеновые образования. Преимущественным развитием (65 %) пользуются конгломераты, гравелиты, песчаники алаудинской свиты (аналог сохской свиты), нерасчлененная толща верхнего плиоцена и эоплейстоцена.

Как известно, большая часть месторождений нефти и газа, открытых в различных нефтегазоносных бассейнах (включая Ферганскую межгорную впадину), приурочена к антиклинальным складкам, т. е. тем или иным образом связана со структурным планом вмещающих пород. При этом, как правило, нефтегазовые залежи находятся на значительных (около 1,5—3 км и более) глубинах. Проблема структурного картирования легче решается для верхних, приповерхностных горизонтов и усложняется пропорционально глубине их залегания. В пределах рассматриваемого региона детально изучены отложения алаудинской свиты, составлены структурные карты, сделаны прогнозные построения на глубину, на уровень продуктивного (палеогенового) горизонта.

При структурном картировании и в процессе обработки информации чисто геологические приемы нередко оказываются малопригодными из-за естественных трудностей, связанных с однообразной литологией, отсутствием или недостатком маркирующих горизонтов. В этом случае существенную помощь могут оказать изучение цикличности осадков и ее анализ с помощью приемов математической статистики.

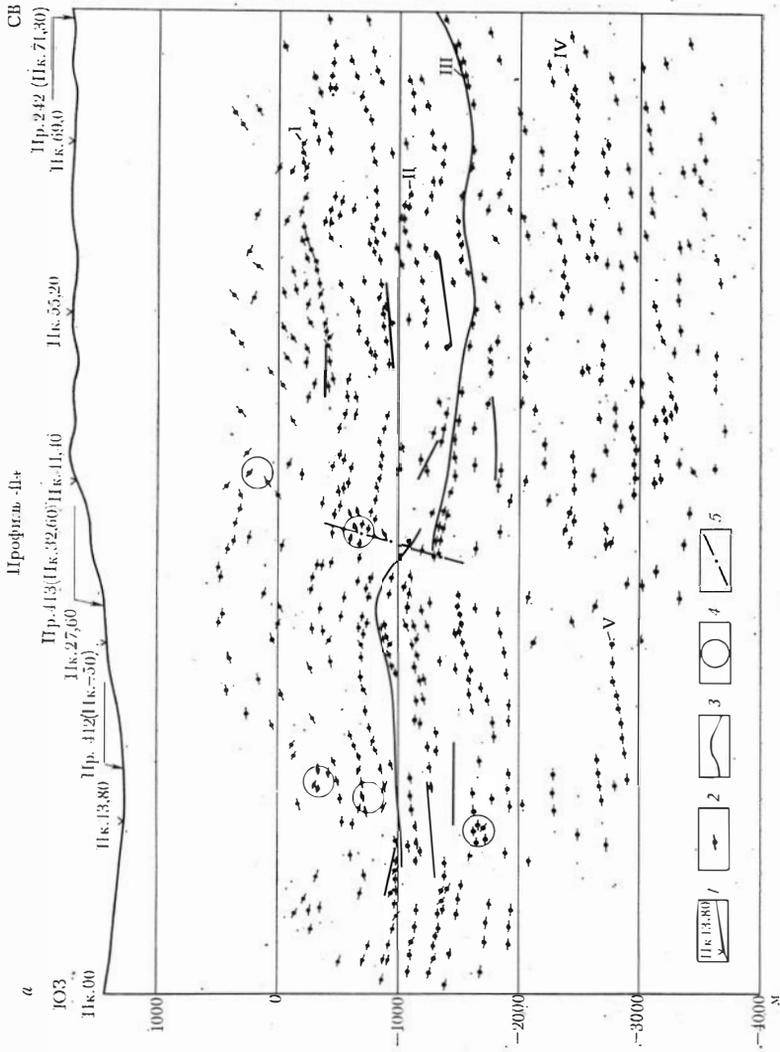


Рис. 35. Сейсмический профиль (а) и ортогональное преобразование горизонта III палеогена (б) Папанской складки (Ферганская межгорная впадина):

1 — пикет; 2 — отражающая плоскость; 3 — уверенно прослеженный горизонт; 4 — волны дифракции; 5 — предполагаемый разлом

Любые разрезы осадочных образований, в том числе и представленные однообразными породами, могут быть легко расчленены на ЭЛЦ по классификации А. А. Трофимука и Ю. Н. Карогодина. В результате удается получить дополнительные критерии для установления имеющих в стратиграфическом разрезе маркирующих горизонтов и использовать их при опознавании и корреляции. Это особенно важно там, где разные маркирующие горизонты представлены литологически сходными разностями и могут быть спутаны (например, в алаудинской свите). При отсутствии маркирующих горизонтов в разрезе возможна их корреляция по границам ЭЛЦ. При выделении ЭЛЦ и их дальнейшей увязке наряду с литологическими признаками (состав пород, структурные, текстурные особенности, цвет и т. д.), оказывается весьма информативным показатель степени равномерности распределения мощности грубозернистой или/и мелкозернистой части ЭЛЦ. Этот показатель (преобразованный для изучения распределения мощности) характеризует распределение мощности упомянутых частей ЭЛЦ по размерам, являясь дополнительным количественным критерием их сходства или различия, благодаря чему он успешно применялся в Ферганской депрессии [25]. Использование указанных приемов резко повышает достоверность геологических методов структурного картирования, а иногда может быть единственным способом такого картирования (например, при изучении толщи малам в межгорных впадинах Средней Азии и др.).

В районе исследования повсеместно распространены древнечетвертичные алаудинские конгломераты, а в местах наибольших эрозионных врезов встречены выходы пород неогена (бактрийская свита). В пределах всей территории по древнечетвертичным конгломератам составлено 13 разрезов. Восемь из них характеризуют полную мощность этих отложений, пять отражают верхнюю часть их разреза (рис. 36). В наиболее полных разрезах выделено шесть циклитов первого типа, по классификации А. А. Трофимука и Ю. Н. Карогодина, в менее обнаженных — два—четыре. В целом для всех разрезов отмечается увеличение размеров зерен вверх по разрезу для грубо- и мелкозернистой пачек. Материал цемента, связывающего конгломераты, постепенно грубеет, изменяясь от тонко-мелкозернистого песчанистого до гравелитистого в шестом цикле. В том же направлении широкое развитие получают карбонатные гальки.

Неравномерная обнаженность не позволяла получать полные разрезы алаудинских образований на всей территории. Сравнение выделенных циклокомплексов в хорошо обнаженных и частично задернованных разрезах осуществлялось на основе макро- и микроописания с помощью показателя степени равномерности распределения мощности в грубо- и мелкозернистой частях цикла. Этот параметр дает количественный критерий сходства или различия в распределении мощностей и определяется по формуле $M = xB/A$, где M — отношение средней мощности грубо- или мелкозернистой части цикла в одном из имеющихся разрезов к сред-

ней мощности в так называемых отрицательно аномальных значениях. Сначала определяют a — общее число рассматриваемых циклокомплексов, b — суммарную мощность грубо- или мелкозернистой части рассматриваемого цикла, d — среднюю мощность; затем находят a' — число разрезов, где мощность рассматриваемой части циклокомплекса ниже средней величины d , и соответствующее значение b' . Наконец вычисляют отношения $a'/a = A$; $b'/b = B$.

Чем ближе величина параметра M к единице, тем равномернее распределена мощность грубо- или мелкозернистой части циклокомплекса во всех разрезах, тем большее сходство имеют объекты по этому признаку. При приближении значения параметра к нулю степень равномерности уменьшается.

Значения M отражают характер распределения мощности в следующих пределах: 1—0,8 — полная равномерность; 0,7—0,5 — равномерное; 0,4—0,1 — неравномерное. Анализ степени равномерности распределения мощности для пятого и шестого ЭЛЦ (рассмотрена вся мощность, включая относительно тонко- и грубозернистую части разреза) приведен в табл. 23. Характеристика параметра M лишь для нижних (т. е. более грубозернистых) частей пятого и шестого ЭЛЦ дана в табл. 24. Сравнение данных табл. 23 и 24 показывает, что значение параметра M для пятого и шестого ЭЛЦ в разрезах, частично задернованных (полных) и имеющих полную обнаженность (полных), колеблется незначительно, что свидетельствует о близости их по этому параметру (см. рис. 36).

Особенности строения района обусловили необходимость выбора двух маркирующих поверхностей, другими словами, двух систем стратоизогипс. Изогипсы нижней системы проводились по кровле пятого ЭЛЦ, верхней — по кровле шестого ЭЛЦ. Для построения карты с геологических профилей снимались отметки маркирующих поверхностей и переносились на упрощенную топографическую основу района. Сечение стратоизогипс было принято равным 50 м. В результате была построена структурная карта (по кровле шестого ЭЛЦ) в стратоизогипсах, отражающих степень кривизны положительных поднятий.

Далее, способом проективных преобразований (см. гл. 2) осуществлялся переход от достоверно изученной поверхности (кровли шестого ЭЛЦ) к нижележащим горизонтам, отождествляемым с кровлей и подошвой палеогена (рис. 37). В результате региональных маршрутов, анализа детальных послойных разрезов восточнее Ташраватской складки и прибортовой полосы выходов палеозойских образований изучено региональное распределение мощности палеогеновых и неогеновых отложений, что необходимо для прогнозных построений. В районе Исфаринской моноклинали (восточнее Ташраватской складки) мощность палеогена составляет 250 м, в пределах Тагапской антиклинали — около 160 м, далее на запад (Қарагачинская антиклиналь) возрастает почти вдвое. В северном направлении (от палеозойского обрамления к центру впадины) постепенно увеличивается мощность пород палеогена (ее

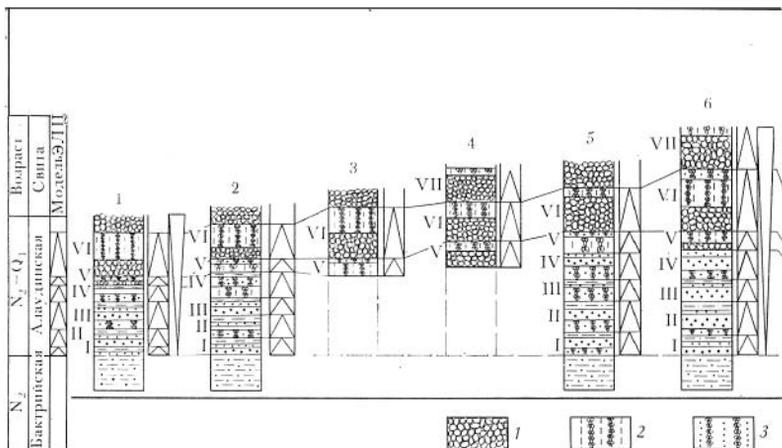


Рис. 36. Схема корреляции разрезов (по элементарным циклокомплексам I—VII) отложений алаудинской свиты Кайрагач-Тогапской площади (юго-запад Ферганской межгорной впадины).

Элементарные циклокомплексы даны по классификации А. А. Трофимука и Ю. Н. Карогодина (1974 г.). Конгломераты: 1 — крупногалечные, 2 — среднегалечные; 3 — гравелиты; песчаники: 4 — крупногалечные, 5 — мелкозернистые, 6 — алевролиты; 7 — закрытая часть разреза

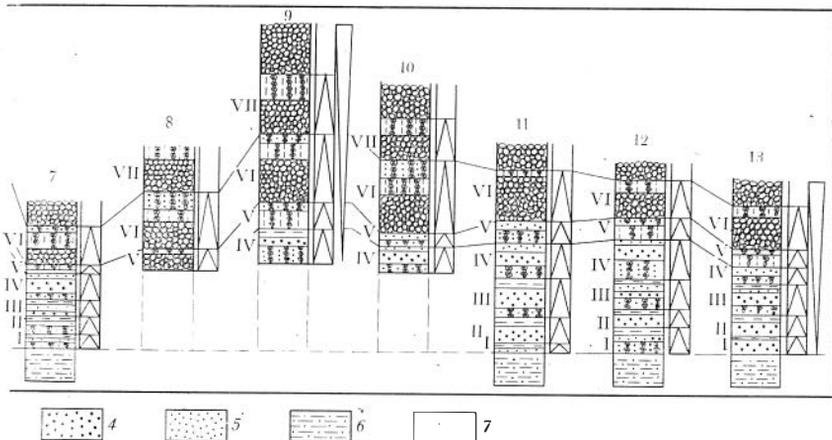
распределение подчиняется закону клина) и резко возрастают мощности неогеновых и четвертичных отложений. Локальное изменение мощности (от свода к крыльям складок) выражается следующими функциональными зависимостями: $h = b = A_1$; $h = S_2(x) = B_2$ (см. рис. 37).

На прогнозной структурной карте, отождествляемой с кровлей и подошвой палеогена, отмечается смещение сводов складок с глубиной (на север, северо-запад) в пределах от 500 до 1800 м. Простирание осей структур и асимметрия крыльев складок с глуби-

Т а б л и ц а 23

Характеристика параметра M для всей мощности ЭЛЦ

Тип разреза	a	b	d	a'	b'	A	B	M
— Пятой ЭЛЦ								
Полный	8	150	18,7	3	35	0,37	0,23	0,61
Неполный	5	120	24	2	35	0,4	0,29	0,72
Шестой ЭЛЦ								
Полный	8	410	51,25	6	280	0,75	0,68	0,91
Неполный	5	335	67	3	170	0,6	0,51	0,85



ной почти не изменились. Последующими сейсморазведочными работами (в пределах Кайрагачинской, Восточно-Кайрагачинской, Каргачинской, Тамчинской, Южно-Тамчинской антиклиналей) подтвердилось наличие складок на глубине. После проведения структурно-геологических и геофизических исследований даны совместные рекомендации (производственному объединению Киргизнефть) в отношении размещения глубокого бурения. Параметрические и поисковые скважины подтвердили наличие структур на глубине, а на Кайрагачинской антиклинали (из скв. 7) получен промышленный приток нефти [25]. Комплекс структурно-геологических работ и прогнозные построения привели к оптимальному расположению и минимальному числу сеймопрофилей на предварительно выделенную на глубине структуру, что обусловило экономический эффект.

Таблица 24

Характеристика параметра M для нижней (относительно грубозернистой) части ЭЛЦ

Тип разреза	a	b	d	a'	b'	A	B	M
	Пятой ЭЛЦ							
Полный	8	92	11,5	4	28	0,5	0,3	0,61
Неполный	5	82	16,4	4	22	0,4	0,26	0,67
	Шестой ЭЛЦ							
Полный	8	240	30	4	82	0,5	0,34	0,68
Неполный	5	184	33,8	3	88	0,6	0,48	0,8

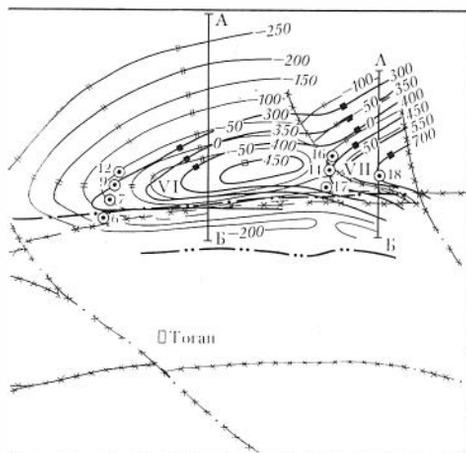


Рис. 37. Структурная карта по палеогеновым отложениям (по результатам прогнозных построений) Кайрагач-Тогаянской площади (юго-запад Ферганской межгорной впадины). Составил А. И. Прокopenko при участии Б. П. Черных и Ю. Я. Лыкова.

Изогипсы по кровле: 1 — палеозойских образований (результаты сейсморазведки МОВ), 2 — массагетского яруса (результаты бурения); изогипсы по поверхности отождествляемой: 3 — с кровлей палеогена, 4 — с подошвой палеогена (по результатам прогнозных построений), 5 — оси положительных (а) и отрицательных (б) структур по верхним горизонтам (древнетерцильных конгломератов); 6 — положение основных профилей аппроксимации; буровые скважины: 7 — пустые, 8 — нефтеносные, 9 — дизъюнктивные дислокации: а — достоверные, б — предполагаемые. Структуры: I — Кайрагачинская, II — Верхнекайрагачинская, III — Карагачинская, IV — Тамчинская, V — Южно-Тамчинская, VI — Тогаянская, VII — Ташраватская

Рассмотрим пример обнаружения объекта на глубине в районе Ферганской межгорной впадины. Площадь структурных ловушек в этом районе колеблется в пределах 2—6 км². На поисковом этапе при съемке масштаба 1 : 200 000 расстояние между профилями $L=2$ км. При изучаемой площади $S=150$ км², и параметрах искомого объекта $W=2$ км² и $b=1,4$ км получим $P_1=0,013$; $P_2=0,22$. Таким образом, величины выявленных параметров (P_1 и P_2) невысоки. Если эту неопределенность уменьшить с помощью информации, полученной другим методом поиска антиклинальных структур на глубине, провести опережающие работы и взаимно скорректировать результаты на всех этапах исследования, можно резко повысить эффективность конечных результатов.

Применение геологического метода, использующего данные структурно-геологической съемки или информацию по неглубокозалегающим горизонтам, выявленным картировочным, структурным бурением или сейсморазведкой МОВ, дает возможность определить и локализовать структурные ловушки на глубине.

Высказанные выше предпосылки о комплексировании геолого-геофизических методов опробованы нами на территории Ферганской межгорной впадины. Вероятность обнаружения структурной ловушки геофизическим методом резко возросла после проведения опережающего геологического метода, что можно показать на конкретном примере. После проведения опережающих работ стали известны площадь ловушек и их ориентация на глубине ($W=42$ км², $\alpha=90^\circ$). Площадь опоскования сократилась почти вдвое: $S=80$ км², $L=2$ км, $b=1,4$ км (параметр одной из выявленных ловушек). Отсюда $P_1=W/S=0,52$; $P_2=b/L=0,7$. При этом сохранилось условие $m>1$, описанное выше.

В результате значения выявленных параметров (P_1 и P_2) резко возросли при такой же сети расположения профилей ($L=2$ км). В конечном итоге сейсморазведкой МОВ были обнаружены положительные поднятия, получена соответствующая экономия, подтверждены результаты геологического метода.

Соотношение результатов, полученных сейсморазведкой МОВ и геологическим методом, приведены на рис. 37. Необходимо отметить, что сводовые ловушки антиклинального типа являются своеобразными локализаторами не только залежей углеводородов, но и рудных месторождений, в особенности гидротермальных. Для некоторых рудных районов, например для Рудного Алтая, некоторых районов Средней Азии контроль метасоматических рудных залежей купольными структурами распространен достаточно широко. На геологическое подобие нефтяных и флюидогенных рудных месторождений указывается в работе Г. Л. Поспелова (1967 г.).

Таким образом, применение только геологического метода или его проведение в комплексе с геофизическими или буровыми работами позволит с наименьшими затратами повысить эффективность конечных результатов при поисках полезных ископаемых, подчиняющихся структурному контролю.

Настоящая работа представляет попытку показать целесообразность и важность количественных подходов к исследованию структуры слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов.

Основные результаты исследований сводятся к следующему.

1. Разработана методика количественного анализа пликативных дислокаций применительно к восточной части Енисей-Хатангского прогиба, заключающаяся в определении класса, степени искривленности складок разного порядка. Предложенные формулы, характеризующие степень деформированности, симметрию пликативных дислокаций, позволяют районировать и сравнивать разные части нефтегазоносного бассейна по основным структурным параметрам. Для расчета исходной информации построен алгоритм и отработаны программы для ЭВМ М-220 и М-222.

2. Предложена обобщенная геометрическая модель пликативной структуры («график анизотропии») для анализа степени неоднородности искривления разных частей складки (замка, крыльев и т. д.).

3. Широко опробована методика реконструкции и прогнозирования структурных планов глубинных горизонтов локальных и более крупных поднятий. Методика основана на аппроксимации кривой (отражающей структуру исходного геологического разреза) показательной, параболической или другими функциями с последующим расчетом координат точек кривой, отражающей глубинный горизонт. Этот способ позволяет прогнозировать антиклинальные ловушки (и вообще структурные планы) на глубине до постановки буровых и детальных дорогостоящих геофизических работ. Возможность его применения показана на примерах платформенного и других типов структур ряда нефтегазоносных бассейнов (Западно-Сибирская плита, Вилюйская синеклиза и др.).

4. Впервые проведено районирование мезозойских и более древних отложений ряда седиментационных бассейнов по удельной кривизне с учетом изменения с глубиной ее среднего градиента.

5. Выявлена связь разрывных нарушений доюрского комплекса пород с деформированностью пликативных дислокаций юрско-меловых отложений и показана роль разломов в формировании блоковой структуры Енисей-Хатангского прогиба.

Одним из важных показателей является степень деформированности осадочных толщ. Рассмотренный в работе аппарат исследования степени деформированности через определение удельной кривизны и результаты анализа пространственного изменения данного параметра в различных регионах следует рассматривать лишь как первые итоги изучения осадочных покровов. Дальнейшие исследования должны быть направлены как на совершенст-

вание самого аппарата, позволяющего с необходимой точностью определять степень деформированности слоевых ассоциаций, так и на использование его «вширь» и «вглубь». Большой теоретический интерес представляет сравнительный анализ степени деформированности осадочных толщ бассейнов самого различного типа и возраста: платформенных, геосинклинальных, орогенных и, конечно, океанических. При этом важно вести сравнительный анализ изменения степени деформированности как в плане, так и по разрезу (вертикали). Такой анализ позволит подойти к количественной классификации бассейнов, основанной на значении и характере изменений степени деформированности.

Уже сейчас ясно, что характер пространственно-временного изменения данного показателя отражает тектонический режим и природу бассейна. Намечаются бассейны, сформировавшиеся за счет растяжения и за счет сжатия.

Безусловно, выявятся регионы, в геологической истории которых происходили смены режимов. При данном подходе можно не только выявить время таких смен, но и количественно оценить степень интенсивности режимов. Широкая программа данных исследований видится в сплошном «картировании» степени деформированности территорий, покрытых осадочными, осадочно-туфогенными и метаморфическими толщами, включая шельфовые зоны морей и океанические пространства. Исследования эти сравнительно нетрудоемки и не требуют проведения каких-либо специальных дополнительных работ. Необходимые данные «снимаются» с уже накопленных и продолжающих накапливаться в огромном количестве геолого-геофизических материалов.

Работы «вширь» должны сопровождаться исследованиями «вглубь» по совершенствованию методики определения степени деформированности слоевых ассоциаций. Такие разработки продолжаются в лаборатории геологии нефти и газа ИГиГ СО АН СССР с привлечением других лабораторий (экспериментальной тектоники) и организаций (Новосибирский государственный университет и др.).

Кроме теоретического значения (разработка классификации седиментационных бассейнов на количественной основе, характеристика их тектонических режимов, природа бассейнов, их внутреннее районирование и т. д.), данный подход имеет немаловажное практическое значение в комплексе поисково-разведочных работ на нефть и газ. Смысл его представляется в использовании районирования по степени деформированности слоевых ассоциаций для целей нефтегеологического районирования. Несмотря на сравнительно ограниченный материал, послуживший основой данной работы, просматривается связь степени деформированности с нефтегазосностью, в частности с крупными залежами углеводородов.

Эти исследования необходимо продолжить с целью выявления для каждого типа седиментационных бассейнов связи нефтегазосности с деформированностью. Вероятно, для каждого из этих

типов и, возможно, даже для отдельных зон будут определены свои благоприятные (оптимальные) сочетания степени деформированности и продуктивности. Не исключено, что для определенного типа резервуаров связь нефтегазоносности со степенью деформированности будет весьма тесной. К числу таких резервуаров, по нашему мнению, бесспорно, принадлежит баженовский в Западной Сибири. Его природу А. А. Трофимук и Ю. Н. Карогодин [30] связывают с деформированностью в результате тангенциальных напряжений. В последнее время в лаборатории геологии нефти и газа ИГиГ СО АН СССР получены весьма достоверные результаты, подтверждающие тесную связь нефтегазоносности баженовских (в частности, дебитов нефти) со степенью их деформированности. Достаточно убедительные результаты в этом отношении получены при анализе материалов Салымского района. Если выявленная связь подтвердится, можно будет в ближайшее время дать оценку перспектив нефтегазоносности баженовских по данному критерию, по крайней мере для центральных районов Западной Сибири (Сургутский свод, Красноленинское, Ляминское поднятия и др.), окружающих эталонный (Салымский) район.

Чрезвычайно важно расчетные значения степени деформированности скорректировать с непосредственными замерами напряженности пород в скважинах. К сожалению, аппаратуры для тензометрических измерений в глубоких скважинах пока очень мало. Подобные вопросы решаются лабораторией экспериментальной тектоники ИГиГ СО АН СССР, и разработка аппаратуры и методики тензометрических исследований вполне осуществима в недалеком будущем.

Не исключено, что и в карбонатных толщах подобные исследования будут иметь важное значение при прогнозировании зон улучшенных коллекторов и, оценки перспектив нефтегазоносности.

Еще один немаловажный аспект практического использования деформационных исследований связан с сейсморазведочными работами. Как известно, главная цель последних — изучение сложной структуры осадочного чехла и поиска структурных и «неструктурных» ловушек углеводородов.

Геологам-нефтяникам хорошо известно довольно частое явление неподтверждения структур, «выявленных» сейсморазведкой. Одна из причин этого — степень деформированности толщ, уплотнение одних участков и разуплотнение других. С этим связаны аномальные изменения акустических свойств и «картирование» ложных структур в одних случаях, занижение или завышение амплитуд — в других. Представляется, что исследование этого явления — целый самостоятельный раздел в изучении деформаций слоевых ассоциаций, имеющий важное практическое значение.

Все эти исследования должны опираться на системно-структурные разработки. Одна из важнейших задач состоит в совершенствовании качественных и особенно количественных методов однозначного выделения соподчиненных структурно-тектонических (в традиционной терминологии тектоники) подразделений в разре-

зах седиментационных бассейнов. Для этого целесообразно широко использовать коэффициент прогрессивности, дополненный другими качественно-количественными характеристиками. Так, после завершения данной работы, в процессе дальнейшего исследования проблемы стала очевидной необходимость введения понятия «антилитности» и производных от него («антициклитность» и др.), отражающих отсутствие слоя или слоев (циклитов) определенной литологической разности или набора, ряда.

Вполне возможно оценить величину отсутствия того или иного набора литологических разностей. Для этого необходимо ввести понятие единицы измерения — «алитности» («делитности»). Степень дискретности границ между слоевыми ассоциациями в таком случае может измеряться коэффициентом алитности (делитности) как отношение числа отсутствующих литологических разностей (m) к общему их числу в полном литологическом ряду (n) в процентах; $K_a = (m/n)100$. Этот коэффициент позволит выявить «иерархию» в отсутствии литологических разностей и количественно охарактеризовать дискретность границ между слоевыми системами. Таким образом, обоснование ранга структурно-тектонических подразделений будет дано с помощью двух количественных характеристик, отражающих направленность изменения структуры A и величину степени дискретности. Если для изучения разрезов естественных обнажений будут важны оба коэффициента (особенно коэффициент прогрессивности), то при исследовании по комплексу промыслово-геофизических данных важнейшим окажется коэффициент алитности (делитности).

Системно-структурный подход, безусловно, получит широкое применение в сейсморазведке, особенно морской. Как известно, в американской сейсмостратиграфии несогласия и коррелятные им согласные отношения слоев [36] являются основой расчленения разрезов осадочных бассейнов и выделения соподчиненных структурно-стратиграфических комплексов (ортотем, синтем и др.).

Знакомство с материалами сейсморазведки Западной и Восточной Сибири и некоторых морей Тихого океана дает основание предполагать, что коэффициент алитности (делитности) в сейсмолитологии будет важнейшим, а коэффициент прогрессивности второстепенным ввиду трудности его эффективного использования.

Несомненно одно, что системно-структурные исследования слоевых ассоциаций с разработкой количественных подходов к изучению как внутренней, так и «внешней» структуры, в том числе степени деформированности, должны сыграть важную роль в изучении строения и формирования осадочной оболочки Земли и выяснении закономерностей размещения различных полезных ископаемых, в том числе нефти и газа.

1. *Аксиоматическая классификация залежей нефти и газа и ее применение для описания месторождений Тюменской области*/С. В. Гольдин, А. М. Волков, Н. А. Гольдина и др. М., Недра, 1970.
2. *Апродов В. А.* Тектогенез как проявление геологической формы движения материи. — В кн.: *Философские вопросы геологических наук*. М., 1967, с. 94—107.
3. *Бабаян Г. Д.* Тектоника и нефтегазоносность Вилюйской синеклизы и прилегающих районов по геофизическим и геологическим материалам. Новосибирск, Наука, 1973.
4. *Боголепов К. В.* Мезозойская тектоника Сибири. М., Наука, 1967.
5. *Вассоевич Н. Б.* Предисловие (к изучению геотектоник). — В кн.: *Тез. докл. Всесоюз. семинара «Осадочные формации и их нефтегазоносность»*, М., 1978, с. 3—17.
6. *Вихерт А. В., Гончаров М. А.* О детерминистских вероятностных моделях структурных поверхностей. — *Геология и геофизика*, 1969, № 5, с. 66—71.
7. *Вотах О. А.* Внутриконтинентальные краевые системы и некоторые вопросы общей систематики структурных элементов Земли. Автореф. докт. дис. Новосибирск, ИГиГО СО АН СССР, 1975.
8. *Геологические предпосылки нефтегазоносности Советской Арктики*/И. С. Грамберг, Р. М. Дементицкая, Б. Х. Елизаров и др. — В кн.: *Геология и перспективы нефтегазоносности Советской Арктики*. Л., 1972, с. 87—94.
9. *Гзовский М. В.* Математика в геотектонике. М., Недра, 1971.
10. *Гурари Ф. Г., Микуленко К. И., Старосельцев В. С.* Дизъюнктивная тектоника Западно-Сибирской плиты. Новосибирск, СНИИГиМС, 1970.
11. *Драгунов В. И.* Основные понятия учения о геологических формациях. — В кн.: *Геологические формации*. Л., 1968, с. 21—27.
12. *Драгунов В. И., Айнемер А. И., Васильев В. И.* Основы анализа осадочных формаций. Л., Недра, 1974.
13. *Забродин В. Ю., Кулындышев В. А., Соловьев В. А.* Иерархия геологических объектов и структурная геология. — В кн.: *Формы геологических тел*. Хабаровск, 1974, с. 175—194.
14. *Карогодин Ю. Н., Малашенков Г. Н., Саидходжаев Ш. Г.* Цикличность и нефтегазоносность палеогена Северного Таджикистана. Новосибирск, Наука, 1981.
15. *Кедров Б. М.* Предмет и взаимосвязь естественных наук. М., Наука, 1967.
16. *Косыгин Ю. А.* Принципы тектонического районирования. — В кн.: *Принципы и методы тектонического районирования, тектоническая терминология*. Новосибирск, 1968, с. 4—5.
17. *Косыгин Ю. А.* Основы тектоники. М., Недра, 1974.
18. *Круть И. В.* Исследования оснований теоретической геологии. М., Наука, 1973.
19. *Круть И. В.* Уровни геологических объектов и геологическое пространство (полемиические заметки). — В кн.: *Вопросы методологии в геологических науках*. Киев, 1977, с. 151—159.
20. *Кулындышев В. А.* Пликативные формы и дискретная математика. Хабаровск, ИГиГ ДВНЦ, 1973.
21. *Кунии Н. Я.* Комплексование геофизических методов при геологических исследованиях. М., Недра, 1972.
22. *Кутырев Э. И.* Планетарная металлогения в свете палеореконструкций. — В кн.: *Металлогения и новая глобальная тектоника*. Л., 1973, с. 45—50.
23. *Опорные разрезы отложений верхнего докембрия и нижнего кембрия Сибирской платформы*/В. В. Хоментовский, В. Ю. Шенфиль, М. С. Якшин, Е. П. Бутаков. М., Наука, 1975.

24. Прокопенко А. И. Об эффективности геолого-геофизических методов при выявлении антиклинальных структур и подготовка их к глубокому бурению. — В кн.: Методология и методика геологических и геофизических исследований в Сибири. Новосибирск, 1975, с. 100—105.
25. Прокопенко А. И. Количественное выражение дизъюнктивных дислокаций седиментационных бассейнов в связи с их нефтегазоносностью на примере Ферганской межгорной впадины. — В кн.: Методология и методика геологических и геофизических исследований в Сибири. Новосибирск, 1975, с. 5—19.
26. Соколов Б. С., Хоментовский В. В. Возраст нефтегазоносной толщи юго-запада Сибирской платформы. — Советская геология, 1980, № 5, с. 45—56.
27. Соловьев В. А. Тектоника континентов (систематизация и упорядочение терминологии), Хабаровск, ИТнГ ДВНЦ, 1975.
28. Суворов А. И. Глубинные разломы платформ и геосинклиналей. М., Недра, 1973.
29. Тальвирский Д. Б. Тектоника Енисей-Хатангской нефтегазоносной области и сопредельных территорий по геофизическим данным. М., Недра, 1976.
30. Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н. Принципы нефтегеологического районирования в аспекте цикличности седиментогенеза. — В кн.: Принципы нефтегеологического районирования в связи с прогнозированием нефтегазоносности недр. М., 1976, с. 8—16.
31. Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н. Проблемные и методологические вопросы региональной стратиграфии нефтегазоносных бассейнов. — Геология и геофизика, 1982, № 6, с. 3—12.
32. Фирсов Л. В. Галактическая периодичность в развитии органического мира Земли. — В кн.: Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М., 1977, с. 104—117.
33. Херасков Н. П. Геологические формации. М., Наука, 1967.
34. Шерман С. М. Физические закономерности развития разломов земной коры. Новосибирск, Наука, 1977.
35. Ягубянец Т. А. Некоторые теоретические и методологические вопросы, связанные с выделением элементарных седиментационных циклов (на примере угленосных толщ параллического типа). — В кн.: Проблемные вопросы литостратиграфии. Новосибирск, 1980, с. 116—129.
36. Mitchum K. M., Vail P. R., Thompson S. Depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. — In: Seismic Stratigraphy... Tulss. 1977, p. 53—62.

Предисловие	3
ЧАСТЬ I	
МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	5
Глава 1	
Теоретические и методологические вопросы тектоники и структурного анализа	5
Системные принципы выделения структурно-тектонических подразделений	5
Циклиты вендских образований мотской серии Сибирской платформы	17
Циклиты верхнемеловых отложений Западного Кавказа	24
Иерархическая классификация перерывов (пауз). Терминология. Природа перерывов	35
Выбор границ для структурного анализа и палеоструктурных реконструкций	45
Глава 2	
Методика изучения пликативных дислокаций и прогнозирование структуры глубокопогруженных горизонтов нефтегазоносных бассейнов	53
Краткий обзор существующих методов исследования пликативных дислокаций и прогноза структуры глубокопогруженных горизонтов	54
Количественная оценка степени деформированности осадочных образований	60
Уточнение понятий «поднятие», «локальное поднятие» («локальная структура»), «складка», «деформация», «пликативная деформация»	60
Степень деформированности слоевых ассоциаций	63
Прогноз и реконструкция структурных планов горизонтов локальных и более крупных поднятий	69
Методика реконструкции и прогноза	70
Анализ изменения мощности отложений локальных и более крупных поднятий	73
Программа аппроксимации кривых	74
Оценка точности методики и область ее применения	77
Некоторые приемы анализа дизъюнктивных дислокаций	86
Анализ гравитационных и магнитных аномалий	88
Морфометрический анализ рельефа	89
ЧАСТЬ II	
СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ БАССЕЙНОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	91
Глава 3	
Камовский свод Байкитской антеклизы Сибирской платформы	91
Характеристика крупных структур	92
Морфология локальных поднятий и особенности их группировки по площади, амплитуде и удельной кривизне	98
Глава 4	
Вилойская синеклиза	106
Характеристика крупных структур	103
Морфология локальных поднятий и особенности их группировки по площади, амплитуде и удельной кривизне	113

Глава 5

Енисей-Хатангский прогиб	118
Характеристика крупных структур	119
Сравнительный анализ крупных поднятий мезозойского осадочного чехла западной и восточной частей прогиба	119
Морфология локальных поднятий и особенности их группировки по площади, амплитуде и удельной кривизне	134
Связь структур мезозойского осадочного чехла с гравитационными и магнитными аномалиями	149
Характеристика разломов доюрского комплекса пород	154
Роль разломов в формировании блоковой структуры Енисей-Хатангского прогиба	158
Сопоставление направлений геофизических аномалий с пилквативными дислокациями осадочного чехла	161
Характеристика блоковых полей	166
Распределение структур в восточной и западной частях Енисей-Хатангского прогиба	169
ЧАСТЬ III	
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА В КОМПЛЕКСЕ НЕФТЕПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	172

Глава 6

Прогнозирование и реконструкция структурных планов глубинных горизонтов локальных и более крупных поднятий в нефтегазоносных бассейнах, характеризующихся разной историей геологического развития	172
Енисей-Хатангский прогиб	172
Западно-Сибирская плита и Вилюйская синеклиза	175
Ферганская межгорная впадина	180
Комплексирование геолого-геофизических исследований при поисках на глубине локальных и более крупных поднятий	190
Заключение	193
Список литературы	197

**ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ КАРОГОДИН
АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ ПРОКОПЕНКО**

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ

Редактор издательства *Т. А. Дементьева*
Переплет художника *В. В. Киреева*
Художественный редактор *В. В. Шутько*
Технический редактор *Е. В. Воробьева*
Корректор *А. А. Передерникова*
ИБ № 4603

Сдано в набор 24.08.83. Подписано в печать 16.02.84. Т-06815. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага книжно-журнальная. Гарнитура «Литературная». Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,5. Усл. кр.-отт. 12,5. Уч.-изд. л. 14,23.
Тираж 1650 экз. Заказ 440/8668—7. Цена 1 руб.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,
Третьяковский пр., 1/19
Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ