

С.П.МАКСИМОВ, Н.Я.КУНИН, Н.М.САРДОННИКОВ

ЦИКЛИЧНОСТЬ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ
И ПРОБЛЕМА
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ



553.061

ЦИКЛИЧНОСТЬ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ
И ПРОБЛЕМА
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

2184



Максимов С. П., Куинн Н. Я., Сардонников Н. М. Цикличность геологических процессов и проблема нефтегазоносности. М., «Недра», 280 с. с ил.

В монографии на основе обобщения многочисленных литературных источников и собственных исследований авторов рассмотрены различные аспекты проблемы цикличности геологических и геофизических процессов, оцениваемых по относительно строгим количественным критериям.

Установлены новые закономерности цикличности тектонических, седиментационных, климатических, магматических, геомагнитных и некоторых других глобальных геологических и геофизических событий и явлений в фанерозое. Анализируется цикличность этих процессов с периодами 20—45 и 140—180 млн. лет. Указанные процессы обусловлены разнородными эндогенными и экзогенными причинами, поэтому цикличность их характеризуется различной частотой, и нередко циклы одних процессов сдвинуты во времени относительно других.

Установленная цикличность различных процессов оказывает существенное влияние на развитие биосферы, на нефтегазообразование и нефтегазонакопление.

В фанерозое выделено четыре глобальных мегацикла нефтегазообразования — нижнепалеозойский, средне-верхнепалеозойский, мезозойский и кайнозойский, разделенные эпохами резкого сокращения масштабов образования и аккумуляции углеводородов.

В заключение анализируются возможные причины выделенных циклических явлений.

Книга представляет интерес для широкого круга геологов и геофизиков, работающих в научно-исследовательских, производственных организациях и занимающихся изучением закономерностей распределения месторождений полезных ископаемых и теоретических проблем геологии.

Табл. 13, ил. 53, список лит. — 168 назв.

На протяжении более 20 лет во ВНИГНИ проводится изучение проблемы цикличности процессов нефтегазообразования. Тесная связь нефтегазообразования с эндогенными и экзогенными геологическими процессами требует учета особенностей их изменения во времени. Поэтому авторы поставили перед собой задачу выяснить особенности цикличности геологических явлений, связанных с нефтегазообразованием и нефтегазоносностью. Круг таких явлений достаточно широк, а разработка представлений о цикличности изменений всей их совокупности в геологической литературе еще не предпринималась, что существенно затруднило задачу авторов.

Огромный фактический материал по цикличности геологических и геофизических процессов, накопленный по многим регионам земного шара, позволил подойти к решению проблемы выявления общепланетарных циклов различной длительности.

Критический анализ и обобщение всех данных о цикличности привели к выявлению планетарных закономерностей изменения различных геологических процессов в фанерозойской истории Земли и установлению корреляционных связей между ними.

В процессе разработки авторами проблемы цикличности отдельные ее разделы докладывались и обсуждались на ряде совещаний. Эти обсуждения оказались очень полезными и способствовали более полному раскрытию проблемы, они во многом помогли наметить общий план настоящей монографии. При ее составлении авторы стремились четко отделить объективную информацию и факты от выводов, идей и гипотез, хотя значение каждой из этих компонент познания в рассматриваемой области знаний нельзя абсолютизировать.

В главе I кратко рассмотрено современное состояние проблемы цикличности и сформулированы некоторые определения, которыми авторы пользуются при дальнейшем изложении.

Наиболее подробно и разносторонне в современной науке из числа различных аспектов цикличности рассмотрены вопросы о цикличности тектонических процессов и седиментогенеза. В связи с диаметральной противоположностью оценок различных исследователей авторы вынуждены уделить этой проблеме значительное внимание, посвятив ей главы II, III, IV. Тектоническая цикличность часто обосновывается цикличностью проявлений магматизма, которым посвящена глава V.

Цикличность климатических процессов и изменений геомагнитного поля и некоторых других геофизических полей рассмотрена с учетом многочисленных новых разрозненных материалов, что позволило авторам построить оригинальные синтетические графики цикличности этих процессов, соответствующие современному уровню знаний. Этим вопросам посвящены главы VI и VII.

В главе VIII авторы впервые рассмотрели новые данные о глобальной цикличности нефте-, газо- и углеобразования, а в главе IX — влияние явлений цикличности на формирование месторождений и выбор направлений нефтегазопроисловых работ.

В заключительной главе X проведено сопоставление цикличности различных геологических и геофизических процессов, рассматриваются и выдвигаются гипотезы причин их взаимосвязи и даются теоретические выводы, объясняющие полученные результаты.

Авторы надеются продолжить исследования этой сложной проблемы и с благодарностью примут конструктивные критические замечания.

Авторы искренне признательны рецензентам — профессору Н. А. Еременко и члену-корреспонденту АН СССР В. В. Федынскому за ряд ценных замечаний, учтенных при окончательной подготовке рукописи к печати.

В оформлении монографии и подготовке иллюстративного материала большую помощь оказали В. Н. Жмурина, Н. А. Радькова и В. П. Правоторова, которым авторы выражают свою благодарность.

НЕКОТОРЫЕ ПОНЯТИЯ, ПО-ВИДИМОМУ, ОБЕЩАЮЩИЕ СТАТЬ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМИ НАУЧНЫМИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯМИ ИЛИ УЖЕ СТАВШИЕ ИМИ, НЕОБХОДИМО И ПОЛЕЗНО С НАУЧНОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВРЕМЯ ОТ ВРЕМЕНИ ПОДВЕРГАТЬ ПОДРОБНОМУ КРИТИЧЕСКОМУ РАЗБОРУ.

Г. ШТИЛЛЕ. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ.

1964

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающие потребности человечества в источниках энергии и минеральном сырье удовлетворяются преимущественно за счет выявления все новых месторождений полезных ископаемых.

В настоящее время актуальной становится задача научного прогнозирования поисков полезных ископаемых, что в свою очередь требует уточнения фундаментальных основ геологической науки. Одной из таких основ служит учение о цикличности геологических явлений. До недавнего времени проблема цикличности в геологии лишь в небольшой мере была связана с запросами поисковой практики. Однако ныне при разработке научных основ прогнозов и поисков познание подлинных закономерностей изменения тектонического, седиментационного, климатического и других режимов планеты приобретает все большую актуальность.

Проблему цикличности в геологической истории Земли обычно изучают на одном классе явлений (тектогенез, седиментация и др.), нередко произвольно экстраполируя полученные результаты на другие области (распространение полезных ископаемых и пр.). Такой подход представляется недостаточным, он не соответствует широкой диалектической взаимной обусловленности и взаимной связи различных сторон эволюции нашей планеты.

Расшифровка проблемы цикличности нефтегазообразования связана с исследованием цикличности целого ряда природных процессов, влияющих на особенности накопления и преобразования органического вещества, миграции нефти и газа, формирования и сохранения залежей горючих углеводородов. Важнейшее значение имеет проблема цикличности тектонических движений и тесно связанная с ней проблема цикличности магматизма и осадконакопления. Изменения климата, характера магнитного поля влияют на развитие биосферы и, несомненно, оказывают влияние на специфику нефтегазообразования. Значительный интерес представляет выяснение связи между циклами нефте-, газо- и углеобразования.

Поэтому авторы попытались рассмотреть различные материалы, характеризующие многочисленные аспекты проблемы цикличности, собрать воедино современную информацию о цикличности различных

природных процессов, критически проанализировать ее и, отобразив и обработав под единым углом зрения наиболее представительные материалы, выполнить их комплексную интерпретацию. Продвижение вперед в изучении проблемы геологической цикличности, несомненно, будет способствовать решению задач прогноза полезных ископаемых в новых районах и на больших глубинах.

Проблема цикличности может быть решена только на основании комплексного анализа всей совокупности геологических, геофизических, геохимических и иных данных, надлежащим образом собранных, обработанных и осмысленных, что потребует значительных усилий ученых различных специальностей. При таком подходе, по мнению авторов, можно будет ответить на вопрос о связи цикличности отдельных природных процессов с различными аспектами нефтегазоносности.

Проблему цикличности часто представляют как совокупность взаимосвязанных явлений различных масштабов и длительности, от годичной слоистости отложений отдельных озер до общеземных тектонических циклов продолжительностью в 150—250 млн. лет и более. Наличие взаимной связи, а также общих закономерностей для столь различных явлений нельзя постулировать. Этот вопрос необходимо тщательно изучать, что требует предварительного независимого анализа цикличности различных явлений, масштаб и характер проявления которых во времени и пространстве весьма неоднороден.

В настоящей монографии авторы концентрируют внимание на планетарных аспектах цикличности геологических явлений, на поисках корреляции их с глобальной цикличностью нефтегазоносности, с общими закономерностями формирования месторождений нефти и газа. Закономерности, установленные при таком общем подходе, должны учитываться при разработке прогнозов в каждом конкретном районе лишь с учетом конкретных особенностей его развития, которые нередко могут не согласовываться с общепланетарными.

Авторы рассматривают преимущественно наиболее изученные, глобальные процессы, которые на нынешнем уровне накопления информации о строении и развитии Земли могут служить относительно надежной основой для построения синтетических представлений о закономерностях развития планетарных процессов в масштабе геологического времени. Решение этой задачи потребовало рассмотрения очень большого количества различных статей и монографий, отбора из них наиболее обоснованных фактическим материалом или содержащих оригинальные мысли и выводы. При прочих равных условиях предпочтение отдавалось наиболее поздним работам и тем из исследований, где широко использовались количественные характеристики анализируемых явлений. Выводы, полученные в ходе проведенных исследований, заметно отличаются от многих привычных представлений, что является естественным результатом накопления и анализа новой обширной информации. Авторы надеются, что это исследование будет способствовать дальнейшему развитию представлений о цикличности геологических процессов и фундаментальных основ геологической науки в целом.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЦИКЛИЧНОСТИ И НЕКОТОРЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Проблема цикличности природных явлений является одной из основных проблем наук о Земле. Закономерное чередование дня и ночи, времен года — это, очевидно, одно из первых впечатлений разумных существ. Поиски корреляций между явлениями и законами, управляющими ими, всегда были и будут главными задачами науки. Поэтому исследования закономерной повторяемости геологических явлений, поиски причин и объяснений их упорядоченности с момента зарождения геологии в качестве науки привели к формированию стихийных и гипотетических представлений о цикличности геологических явлений, в основе которых лежали интуитивные догадки и смелые экстраполяции. Такими нам представляются заключения многих геологов конца XVIII и XIX вв. о геологических или тектонических циклах, сделанные по весьма ограниченному материалу.

В общем виде идея о повторяющихся геологических глобальных циклах развития была сформулирована еще в конце XVIII в. шотландским геологом Д. Геттоном. Учение об общих геологических циклах развития Земли энергично пропагандировалось во второй половине XIX в. Э. Огом, который полагал, что каждый крупный цикл отвечает крупному стратиграфическому подразделению.

Представление о региональных осадочных циклах было введено Д. Ньюберри (1860) и Н. А. Головинским (1869), но разработка представлений о цикличности ленточных глин, угленосных толщ, флиша и некоторых других специфических осадочных образований начата лишь в XX в. Появлению идеи об общемировых трансгрессиях и регрессиях и связанных с ними процессах осадконакопления предшествовало возникновение концепции планетарных тектонических циклов.

Понятие о тектонических циклах введено М. Бертраном в 1886—1887 гг. В начале XX в. это понятие было развито Г. Штилле, впервые сформулировавшим гипотезу об общеземных фазах складчатости, которые он связывал с регрессиями.

Еще 15—25 лет назад, когда геологические науки оперировали фактами, полученными главным образом в Европе и Северной Америке, цикличность и глобальный характер многих геологических процессов рассматривались в качестве основополагающих научных доктрин, которые оспаривались в деталях, но признавались большинством геологов. Учение о цикличности тектонических процессов (Э. Зюсс, Э. Ог, Г. Штилле, А. Д. Архангельский, Н. С. Шатский

и др.), трансгрессий и регрессий (С. Н. Бубнов, Н. М. Страхов и др.) рассматривалось как классическая основа теоретической геологии и привлекалось для прогноза полезных ископаемых.

Разработка и детализация этих представлений продолжались в течение первой половины XX в., когда каноны тектонических фаз, тектонических циклов, осцилляционных и волновых движений активно обсуждались в литературе, внедрялись в сознание будущих геологов с университетских кафедр в качестве основ общей геологии.

Учение о цикличности в этот период базируется больше на мировоззренческо-философской основе, чем на строгом анализе достоверных фактов, число которых остается недостаточным.

Именно эти взгляды о цикличности принимал «за исходную точку зрения» С. Н. Бубнов в «Основных проблемах геологии»; они же были положены в основу принципов тектонического районирования по возрасту завершающей складчатости, разработанного советской школой тектонистов под руководством А. Д. Архангельского, Н. С. Шатского, М. М. Тетяева, и в основу выделения эндогенных и геосинклинальных циклов (В. В. Белоусов, В. Е. Хаин и др.).

Исследования закономерностей изменений в масштабе геологического времени общемирового климата и геофизических полей, цикличности угле- и нефтеобразования начали проводиться лишь в последние два-три десятилетия. Различным аспектам цикличности нефтегазообразования посвящены лишь три монографии (С. П. Максимов, 1964; Т. А. Ботнева, 1972; Ю. Н. Карагодин, 1974), в которых рассмотрены материалы по отдельным регионам СССР. Зарубежные исследования вопросов цикличности нефтегазообразования еще не получили значительного развития.

Комплексные исследования цикличности изменений глобального климата, геофизических полей совместно с глобальными циклами тектогенеза, седиментации и нефтегазообразования до настоящего времени не предпринимались; некоторые данные по этой проблеме были опубликованы авторами в отдельных статьях (1973—1976 гг.).

Возрастающий поток информации о строении Земли, связанный с расширением исследований на всех материках и началом изучения океанов, внедрение в геологические наблюдения строгих количественных оценок, обильные материалы геофизических исследований, охвативших всю планету и проникавших до значительных глубин, наконец, выход человека в космос и появившийся опыт изучения Земли извне создали совершенно иную обстановку, когда возникла необходимость взглянуть на устоявшиеся представления с новых позиций. Следует оценить, в чем, в какой мере и в каких пределах концепция о цикличности может быть подкреплена и развита, в каких аспектах она устарела и нуждается в пересмотре.

Современный этап обобщений в естественных науках отличается углубленным теоретическим подходом, попытками нового осмысления ряда основополагающих понятий (пространство, время и др.), развитием взглядов о различных уровнях организации вещества и своеобразии закономерностей, свойственных каждому из этих уровней, внедрением системного подхода. Это укрепление позиций и кон-

кретизация диалектических и материалистических основ наблюдается и в науках о Земле.

Необходимо отметить, что хотя внимание значительной части научной геологической общественности оказалось прикованным к дискуссиям «фиксистов» и «мобилистов», в последнее десятилетие выполнен ряд замечательных исследований по вопросам цикличности. Результаты обширных и кропотливых работ опубликованы А. Б. Роновым, А. А. Прониным, И. А. Одесским, Ю. Н. Карагодиным, Т. А. Ботневой, Б. М. Келлером, П. Даффом, А. Халламом и другими исследователями; широкие обобщения, принципиальная постановка задачи цикличности и ее современное состояние освещены в ряде содержательных и полемических статей и выступлений А. А. Трофимука, В. И. Смирнова, Ю. А. Косыгина, А. Л. Яншина, Н. Б. Вассоевича, В. Е. Хаина и др. В этих работах, однако, мало учитываются геофизические данные и недостаточно сопоставляются различные категории явлений. Основное внимание сосредоточено на вопросах цикличности тектогенеза и осадконакопления.

В последнее десятилетие опубликованы многочисленные статьи по вопросам цикличности, этой проблеме целиком или в значительной части посвящались отдельные совещания и сборники. Вполне обоснованно можно утверждать, что проблемы цикличности геологических явлений все более и более приобретают значение самостоятельного раздела в обширном цикле наук о Земле. Это нарождающееся учение о цикличности, находящееся ныне в стадии становления, тесно связано с другими отраслями геологии и относится к одному из общетеоретических разделов геологических знаний. Эволюция наук о Земле, превращение их из чисто эмпирических описательных дисциплин в науки теоретические, способные сформулировать и объяснить механизм закономерной связи явлений в прошлом и прогнозов на будущее, не могут обойтись без представлений о цикличности, как одной из наиболее вероятных форм такой связи.

Учение о цикличности имеет многочисленных противников; широк круг исследователей, еще не определивших свои позиции. Однако в настоящее время признание наличия или отсутствия в геологических явлениях циклов вообще не является предметом дискуссии — объективное существование явлений цикличности в той или иной мере признается всеми исследователями. Дискуссионными являются масштабы, сферы проявлений цикличности, их соподчиненность и взаимосвязь, виды и формы цикличности, причины и закономерности их проявления. Проблемными остаются возможности и способы выявления цикличности и главное — роль цикличности, ее значимость в различных категориях геологических явлений, ее прикладное значение, возможное воздействие на прогноз, направление и методику поисков полезных ископаемых.

Геологические исследования обнаруживают многочисленные проявления общей повторяемости и цикличности геологических процессов. Н. Ф. Балуховский, С. М. Костин и другие исследователи описывают ритмы осадконакопления с периодичностью, близкой к 11 годам, в современных озерных отложениях Карелии и Крыма,

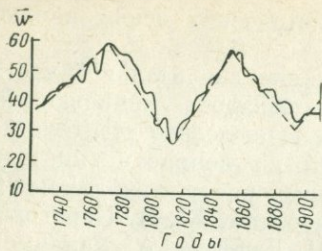


Рис. 1. Кривая изменения среднегодовых чисел Вольфа (\bar{w}), сглаженных по 44 точкам Ю. П. Витинским

зовать в качестве единицы геологического времени — геологической секунды.

Относительно хорошо изучена цикличность экзогенных процессов, современных колебательных движений, доступных непосредственному наблюдению. Наиболее подробная информация имеется о высокочастотных климатических явлениях и режиме солнечной активности, ибо связь этих явлений с практической деятельностью человека обусловила сравнительно хорошо поставленные наблюдения за климатом и солнечной активностью, начатые философами и служителями культа еще задолго до нашей эры. Обработывая материалы этих наблюдений, зафиксированные в философских трактатах и летописях, сопоставляя их с современными научными данными, удается установить цикличность климатов и солнечной активности с периодом 11 лет, 22 года, 80—90 (рис. 1), 160—180, 600—900 лет (Ю. П. Витинский, 1973 и др.). Связь внеземных явлений цикличности, устанавливаемых по наблюдениям за изменениями числа солнечных пятен, с климатическими изменениями, с экзогенными процессами, с ритмами озерных осадков установлена в настоящее время вполне достоверно и может рассматриваться в качестве основополагающего научного факта.

Циклы с продолжительностью в сотни и тысячи лет намечаются отдельными исследователями при изучении фаз оледенения, лессопочвообразования, изменения палеогеографической и палеоклиматической обстановок (В. А. Зубанов, Н. Ф. Балуховский, А. В. Шнитиков, Б. Л. Личков, Г. Ф. Лунгерсгаузен и др.). Методология таких оценок остается нестрогой, однако существует широко распространенное представление о наличии в четвертичное время археоклиматической и археогеографической цикличности с периодами 1850—2000, 40 000, 120 000 и 360 000—370 000 лет.

Рассмотренные проявления цикличности с частотой от единиц до сотен тысяч лет задокументированы в конкретных геологических разрезах. Упомянутые проявления высокочастотной цикличности при геологических наблюдениях имеют безусловное значение, однако их общепланетарные корреляции обычно не являлись предметом исследований (П. Дафф, А. Халлам, Э. Уолтон, 1971; И. А. Одесский, 1972 и др.).

в отложениях эоцена США, в палеозойских отложениях Западной Европы и Тянь-Шаня. Широко известна годовая цикличность, фиксируемая слоеобразованием глин; более продолжительные циклы приводят к образованиям ритмов флишевых, угленосных, молассовых толщ. С. Л. Афанасьев (1974), исследовав около миллиона флишевых слоев Кавказа, установил, что длительность элементарного ритма из четырех слоев составляет примерно 305 лет, что и рекомендуется использовать

В последнее время получены геофизические данные, свидетельствующие о наличии определенной высокочастотной цикличности общеземного характера в изменениях физических полей Земли. Широко известны циклы изменения солнечной активности с периодом 6, 11 лет, 22 года и другие, аналогичные циклы изменения вариаций магнитного поля.

К явлениям цикличности с частотой 10^2 лет относятся небольшие изменения угловой скорости вращения Земли, периодические колебания количества и суммарной энергии землетрясений, обнаруженные Н. Н. Парийским, В. Гутенбергом и А. Рихтером в 50-х годах и позднее неоднократно подтвержденные другими исследователями (П. Н. Кропоткин, 1970; Г. П. Тамразян, 1967 и др.). Взаимосвязь этих процессов с геологическими событиями остается слабо изученной.

За последние 15—20 лет установлены явления обращений полярности (инверсий) земного магнитного поля. Исследования проблемы синхронизации океанических осадков и неоген-четвертичной стратиграфии выявили взаимосвязь общеземных инверсий магнитного поля, одновременных изменений климата и биологических событий (В. В. Меннер и др., 1972). Принципиально важной особенностью этих исследований явилось совместное рассмотрение геофизических данных об инверсиях магнитного поля, палеоклиматических и палеобиологических материалов, нашедших убедительное и согласованное отображение в литолого-стратиграфической летописи. Так, по данным В. В. Меннера и других исследователей последняя четкая инверсия магнитного поля, соответствующая границе магнитных эпох Матуяма — Брюнес и датируемая 0,69—0,70 млн. лет, хорошо прослеживается, по крайней мере, во всем северном полушарии. С этой границей совпадает наиболее сильное похолодание, установленное во всех океанах по планктонным организмам, что свидетельствует о полной синхронности начала «ледникового плейстоцена» в обоих полушариях Земли. Характерно, что разрозненные наблюдения свидетельствуют об определенной седиментологической выраженности этой границы, которой датируются рубежи между отложениями отдельных террас и др.

При этих исследованиях продолжительность событий, имеющих глобальный характер, варьирует от десятков тысяч до миллиона лет, а резким границам этих событий отвечает длительность на порядок меньше. Следует отметить, что строгая правильная периодичность процессов инверсий магнитного поля для позднекайнозойского времени не установлена, однако продолжительность последних четырех палеомагнитных эпох различной полярности, именуемых обычно Гильберт, Гаусс, Матуяма и Брюнес, по различным оценкам колеблется от 0,5 до 1,5 млн. лет.

Можно констатировать, что современной наукой собрано определенное количество однозначно истолкованных и согласующихся между собой геологических и геофизических фактов, подтверждающих наличие общепланетарных высокочастотных явлений продолжительностью от $\frac{1}{4}$ года примерно до 1 млн. лет. Правильная

повторяемость части из них является доказанной, в других случаях события прерываются резко и периодичность их, представляющаяся весьма вероятной, может быть оценена лишь как общая тенденция, осложненная различными «шумами».

Рассмотрение явлений высокочастотной цикличности позволяет увидеть однородные геологические события циклического типа, например изменения осадконакопления могут носить местный (озерные ленточные глины), региональный (угленосные циклы) или общеземной характер (инверсия геомагнитного поля, похолодание, перемены или изменения состава осадков). Тем самым становится очевидным, что цикличность развивается во времени и пространстве и при анализе ее необходимо различать циклы не только по длительности (по частоте), но и по ареалам проявления, схематически выделяя среди них местные (локальные), региональные, материковые и общеземные (глобальные). Каждая разновидность цикличности находит свое отражение в геологическом веществе. При этом исследования каждой разновидности проявлений цикличности (осадконакопления, климата, тектогенеза и т. п.) необходимо проводить отдельно, выясняя их взаимосвязь с инородными проявлениями цикличности и их взаимообусловленность (либо разнопричинность).

Изучение высокочастотной цикличности геолого-геофизических процессов в глобальном масштабе возможно только для последнего интервала развития Земли, для которого детально разработана хронологическая шкала. Очевидно, что для более ранних этапов развития Земли изучение высокочастотной цикличности не может быть скоррелировано в глобальных масштабах прежде всего из-за несовершенства способов отсчета геологического времени. Именно поэтому предпринимаемый нами анализ, учитывающий по ряду позиций актуалистические взаимосвязи высокочастотных глобальных явлений, не может быть ориентирован на поиски их аналогов в геологическом прошлом. Обращаясь к анализу цикличности геологических явлений в геологической истории, необходимо оперировать иными категориями фактов и событий, длительность которых может быть оценена относительно достоверно. В связи с этим изучение глобальной цикличности в геологической истории может быть предпринято в настоящее время только путем исследования более продолжительных, длиннопериодных событий.

Если общеземной характер и периодичность многих высокочастотных геологических процессов и явлений (длительностью до 1 млн. лет) стали общепризнанными и их анализ приобретает все большее размах и практическое значение, то оценка масштабов и периодичности среднечастотных (десятки миллионов лет) и низкочастотных (сотни миллионов лет) геологических процессов является в настоящее время проблематичной и нередко вызывает острые дискуссии. Многие из геологов традиционно признают наличие цикличности такого рода.

Ряд исследователей (Г. Д. Ажгирей, Ю. М. Шейнманн, А. Л. Яншин, Ю. А. Пуцаровский, Т. Н. Спижарский и др.), напротив, подчеркивают отсутствие многих проявлений общепланетарной сред-

не- и низкочастотной цикличности. Эта цикличность игнорируется и большинством представителей направления новой глобальной тектоники в их многочисленных моделях развития Земли.

В качестве индикаторов средне- и низкочастотной цикличности наиболее широкое применение находят изменения режима тектогенеза, смена трансгрессий и регрессий, колебания объема осадконакопления и климата в истории Земли, изменения состава отложений, особенно отчетливо проявляющиеся в специфических формациях тиллитов, эвапоритов и др. В последнее время усилились исследования цикличности углеобразования (Н. М. Страхов, Г. А. Иванов, А. К. Матвеев, А. В. Македонов и др.) и нефтегазообразования (С. П. Максимов, Т. А. Ботнева, Н. А. Еременко, Р. Г. Панкина, Ю. Н. Карагодин и др.).

Для исследования проблемы средне- и низкочастотной цикличности в развитии Земли, несомненно, важнейшее значение будет иметь характеристика изменчивости ее физических полей. В связи с этим значительный интерес представляют результаты палеогеофизических исследований, начавшихся в последнее время, из которых наибольшие успехи достигнуты в изучении палеомагнетизма. Поэтому возникает необходимость обратиться к новому обобщению накопленных данных с привлечением как традиционных индикаторов цикличности, так и полученных геофизических материалов.

Хотя история Земли охватывает свыше 5,0 млрд. лет, относительно хорошо задокументирован главным образом последний, фанерозойский, этап эволюции планеты, охватывающий примерно 600 млн. лет. Именно для этого этапа получены основные данные, характеризующие цикличность геологических процессов. С отложениями фанерозойского периода связано свыше 99% запасов нефти и газа, 100% запасов угля. Эти обстоятельства обуславливают концентрацию внимания в настоящей монографии на изучении цикличности в период фанерозойской истории Земли.

Необходимо подчеркнуть, что изучение проблем среднечастотной и низкочастотной цикличности требует использования достоверных материалов, охватывающих обширные пространства и длительные интервалы времени. Материалы такого типа начали появляться в последние годы, но их число, конечно, остается недостаточным. Поэтому предпринятая нами попытка обобщения и сделанные выводы должны рассматриваться как первое приближение, как рабочая гипотеза, в некотором роде как основа для дискуссий и дальнейших исследований.

Рассмотрим далее ряд терминологических и методологических вопросов. Как и во многих других областях знаний, в терминологии, используемой при анализе явлений цикличности, существуют досадный сумбур и широкая гамма различных толкований. Рассмотрение разнообразного содержания терминов периодичность, цикличность, ритмичность, их таксонометрической соподчиненности показывает их неоднотипность у различных авторов, причем чаще всего смысл этих терминов четко не формулируется. Пожалуй, наиболее детальная классификация приводится Н. Ф. Балуховским (1972),

который рассматривает ритмы и циклы как таксоны периодичности, оцениваемые по абсолютной продолжительности интервалов времени от менее продолжительных к более продолжительным в следующей последовательности: ритм, мезоритм, циклопериод и мега-цикл.

Проблеме терминологии было уделено большое внимание на Всесоюзной конференции по цикличности осадконакопления и закономерностям размещения горючих полезных ископаемых в 1975 г. в Новосибирске, где в широкой дискуссии различное понимание терминов аргументировалось Н. Б. Вассоевичем, Г. П. Леоновым, Г. А. Ивановым, А. В. Македоновым, Н. В. Ивановым, Ю. Н. Карагодиным, А. А. Трофимукром и многими другими исследователями, причем единства мнений достигнуто не было.

Не считая целесообразным в настоящее время детально рассматривать вопросы терминологии, ограничимся несколькими замечаниями и приведем значения терминов в том понимании, в котором они используются нами в дальнейшем описании.

Нередко считают, что цикл — это замкнутый период развития, возвращающегося к исходному пункту, имеющий строго определенную и постоянную длительность. Следует подчеркнуть со всей определенностью, что такое понимание цикла представляется нам крайне упрощенным, механистичным, неприемлемым и непригодным для анализа геологических явлений. Иногда в понимании периодичности и цикличности к последней относят крайне неопределенные явления. Так, В. И. Почтарев (1973) под периодичностью понимает строго установленные колебательные изменения с определенным периодом, а под цикличностью — такие изменения, периодичность которых выражена недостаточно четко. Это определение представляется нам неприемлемой терминологической крайностью.

В понимании цикличности, направленности и одновременности геологических событий неизменно должен превалировать диалектический подход. Одновременность рассматривается как относительное понятие, зависящее от точности оценки времени, продолжительности интервала и подвижности региона. Направленность и цикличность также оцениваются относительно как наличие определенного сходства явлений и событий через сравнительно близкие или закономерно изменяющиеся интервалы времени на фоне общей тенденции, типа движения вперед по спирали.

Цикличность и эволюционность (направленность) развития или изменения явлений и естественных процессов, несомненно, остаются двумя неразрывными сторонами движения материи в различных ее проявлениях. Поэтому, рассматривая только цикличность, мы неизбежно впадаем в односторонность. Вместе с тем известно, что для исследования какого-либо свойства материи целесообразно отвлечься, абстрагироваться от иных ее свойств, сконцентрировав анализ на исследуемом свойстве, имея в виду, что другие свойства материи заслуживают отдельного рассмотрения. Избрав такой естественный путь исследования, авторы акцентируют внимание в этой работе на проблеме цикличности, лишь частично обсуждая аспект напра-

вленности развития в той мере, в какой это необходимо при обсуждении полученных результатов.

В различных разделах естествознания термины цикличность, ритмичность, периодичность, повторяемость и ряд других более узких используются в близких ситуациях и поэтому могут рассматриваться в первом приближении как синонимы. Нам представляется, что возможно известное упорядочение терминологии при использовании следующих смысловых оттенков рассматриваемых понятий.

1. Повторяемость — наиболее общий термин для описания неоднократно фиксируемых явлений, которые протекают по каким-то определенным законам или происходят незакономерно. Применяется как для отдельных явлений, так и для их комплексов. Возможна повторяемость как во времени, так и в пространстве, через равновеликие или различные интервалы отсутствия явлений.

В качестве примеров геологических явлений, закономерная повторяемость которых сегодня не выяснена, можно рассматривать образование селевых потоков, вулканические извержения, движения по разломам, формирование одинаковых форм рельефа в различных тектонических зонах.

2. Периодичность — термин более узкий, чем повторяемость — это регулярная повторяемость отдельных явлений через равные, а также через функциональные или вероятностно обусловленные интервалы времени. Изредка употребляется для оценки повторяемости в пространстве. Например, обычный смысл имеет периодичность трансгрессий, редко — периодичность максимумов силы тяжести.

3. Ритмичность — это закономерное повторение во времени группы простых явлений, закономерно сменяющих друг друга и образующих ритм. Обычно в ритм объединяются явления, примерно равные по рангу и небольшой длительности; ритмы повторяются многократно и создают некоторый общий фон. Например, смена дня и ночи, ритмы флиша, угленосных толщ.

4. Цикличность — это закономерное повторение во времени комплекса сложных явлений, связанных между собой, сменяющих друг друга в определенной упорядоченной последовательности и образующих цикл. В цикл объединяются группы явлений достаточно большой длительности, возможно, включающие несколько ритмов.

Легко видеть, что в нашем понимании наиболее близки понятия ритмичность и цикличность, которые можно характеризовать частотой. Нам представляется, что уместно термин ритмичность закрепить за высокочастотными группами явлений, каждое из которых рассматривается как кратковременное и однородное, а термин цикличность использовать для характеристики среднечастотных комплексов явлений. На уровне существующих знаний частота ритмов прослеживается более строго, чем частота циклов.

Остановимся более подробно на нашем понимании цикла и цикличности, используя необходимое число примеров. Цикличность оценивается как понятие достаточно общее и широкое, не стесненное узкими пределами строгих формальных рамок. Если некоторая

цепочка определенным образом связанных событий (цикл) повторяется 2 раза и более, это оценивается как цикличность. Единичный цикл состоит из двух или более событий, образующих стадии или этапы какого-либо общего направленного процесса либо характеризующих возрастание и убывание какого-либо качества, явления.

Так, цикл нефтегазообразования охватывает совокупность процессов генезиса нефти и газа, их миграции, формирования и разрушения месторождений; целесообразно в составе этого цикла различать накопление рассеянного органического вещества (ОВ) (I этап), преобразование ОВ вплоть до формирования жидких и газообразных углеводородов (УВ) и начала их эмиграции (II этап), массовую миграцию УВ и аккумуляцию их в залежи (III этап), перестроение залежей, их частичное или полное разрушение (IV этап). Если такие процессы происходили неоднократно, можно говорить о региональной цикличности нефтегазообразования.

Циклы осадконакопления включают в себя несколько этапов, характеризующих начальные, максимальные и финальные фазы трансгрессий и регрессий. Такие циклы характерны для регионального уровня организации вещества, но нередко их без должных оснований экстраполируют и для описания планетарных процессов.

Циклы тектонические в современном понимании включают в себя периоды относительного тектонического покоя и периоды усиления тектонических движений; циклы изменений геомагнитного поля включают интервал поля прямой полярности, инверсию и интервал поля обратной полярности. Такие циклы имеют общепланетарное значение, их региональные проявления обычно предполагаются как обязательные или вероятные.

По усилению и ослаблению в ходе геологической истории масштабов нефтегазообразования на поверхности Земли в целом можно наметить глобальные циклы нефтегазообразования, или мегациклы нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Если построить график общемировых запасов нефти и газа как функцию геологического времени, то максимумы и минимумы на этой кривой будут характеризовать циклический ход процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления, попытка выяснения причин которого сделана в настоящей работе.

Сопоставляя региональные циклы нефтегазообразования с мегациклами, необходимо указать, что мегацикл включает в себя несколько циклов, сходных по каким-то основным параметрам. Например, нижнепалеозойский мегацикл нефтегазообразования включает в себя кембрийский, ордовикский и силурийский циклы, а средне-верхнепалеозойский мегацикл — девонский, нижне- и среднекаменноугольные и нижнепермский циклы. Эти мегациклы характеризуются различным исходным органическим веществом, смена которого находилась в прямой зависимости от различных глобальных низкочастотных факторов. Для каждого мегацикла характерна специфичность органической жизни на Земле. Следовательно, мегациклы можно использовать для характеристики низкочастотных комплексов явлений.

Таким образом, циклы нефтегазообразования имеют средне-частотный и региональный характер, а мегациклы нефтегазообразования характеризуются низкочастотными общеземными процессами. Эти понятия описывают различные (соответственно региональные и планетарные) проявления закономерностей нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции.

При анализе геологических явлений часто считают те или иные выявленные закономерности абсолютными, универсальными, всеобщими. Поэтому отсутствие проявлений той или иной эпохи складчатости в каком-либо конкретном регионе или материке часто используют как аргумент для отрицания общей цикличности. Недоразумения такого рода широко распространены. Легко показать, что при этом подходе отрицаются не проявления цикличности, а всеобщность ее воздействия.

Цикличность в геологических процессах выступает как некоторая относительная статистическая, вероятностная категория, отнюдь не обладающая качеством всеобщности. Такой подход к пониманию цикличности означает, что предписываемое цикличностью событие наиболее вероятно должно произойти в определенном интервале времени и на большей части исследуемых территорий. Именно вероятностный подход к оценкам явлений цикличности является важной методической основой настоящей работы авторов.

Покажем эту особенность цикличности на примере. Условимся, что мы исследуем встречаемость перерывов осадконакопления и угловых несогласий в достаточно большом числе точек, приблизительно равномерно распределенных на поверхности суши, в разрезах морских осадочных отложений, накапливавшихся в течение 200 млн. лет. Разделим это время на 10 равных интервалов. Тогда проявление цикличности тектонических процессов может выразиться, например, в том, что в каждом нечетном интервале времени будет установлено в 3,5—4,5 (в среднем в 4) раза больше перерывов и угловых несогласий (сравнительно равномерно распределенных внутри каждого интервала в 20 млн. лет), чем в каждом из четных интервалов. Но указанные перерывы и несогласия проявятся не повсеместно, а будут характерны для 80% точек исследования.

Тогда можно заключить, что в течение каждого интервала в 40 млн. лет наблюдается эпоха несомненного усиления тектонической активности, некий тектонический максимум, и эпоха ослабления тектонической активности — тектонический минимум. Если эти максимумы и минимумы будут регулярно повторяться в течение 100—200 миллионов лет и более с приближенным сохранением периодичности, мы вправе говорить о тектонической цикличности. Однако усиление тектонической активности будет не повсеместно, а лишь в 80% регионов, ослабление активности не примет форму полного тектонического покоя, а будет фиксироваться тектоническими движениями в небольшой части регионов (до 20%).

Этот осредненный вероятностно-статистический характер цикличности очень важен. С ним связано принципиальное решение вопросов общепланетарной, глобальной цикличности.



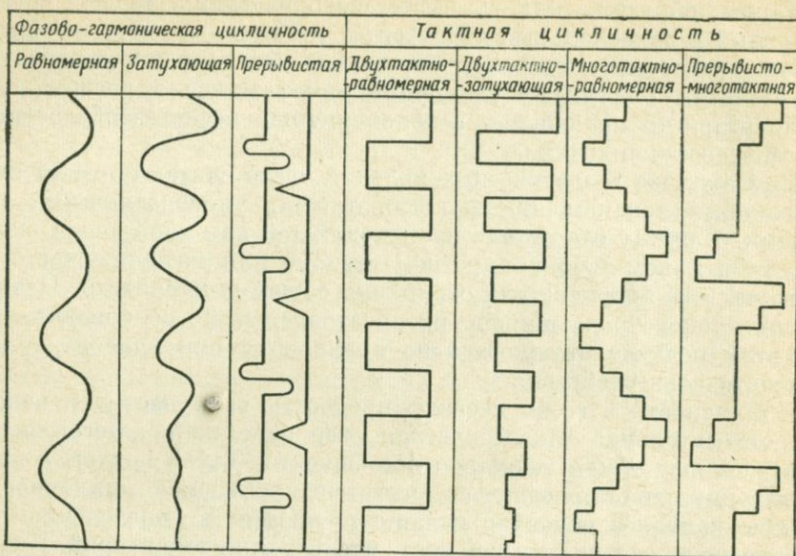


Рис. 2. Графики различных типов цикличности

жет быть выполнено по наблюдениям в единичных или в нескольких регионах, а требует привлечения большого материала по различным многочисленным регионам, т. е. цикличность должна оцениваться по представительным репрезентативным материалам, желательно полученным с помощью количественных приемов. При исследованиях цикличности необходима определенная количественная обработка данных, оценка средних и суммарных параметров. Материалы, пригодные для таких оценок, должны быть положены в основу строгих выводов по закономерностям проявлений цикличности.

Несоблюдение принципа представительности исходных данных привело к многим неточностям в оценке глобального характера явлений, достоверно доказанных и наблюдаемых в отдельных регионах.

Цикличность может проявляться в различной форме. Рассматривая этот вопрос широко, вероятно, следует различать цикличность постоянно изменяющихся явлений (гармоническая, фазовая) и цикличность явлений, которые остаются длительно неизменными, затем изменяются быстро, скачком, до нового относительно стабильного уровня. Графики двух типов цикличности (фазово-гармоническая и тактная) с подразделением типов на виды, как это понимают авторы, приведены на рис. 2.

В природных явлениях цикличность, несомненно, более усложнена по сравнению с приведенными схемами, так как циклы разной частоты и разного вида накладываются друг на друга.

При рассмотрении проблем цикличности большое значение имеет учет пространственно-временных соотношений, масштабов и точности наблюдений.

Очевидно, бессмысленной, например, является задача определения цикличности восходов Солнца в среднем для поверхности Земли. Суточный ритм не оставляет, по-видимому, в геологической летописи никаких следов, устанавливаемых современными средствами наблюдений.

Цикличность, связанная с годовым обращением планет вокруг Солнца, фиксируется в геологической летописи, однако в геологической истории фанерозоя точность индикации времени не позволяет сопоставлять годовую цикличность по наблюдениям в различных районах.

Как известно, оценки геологического времени выполняются ныне на основании биогеостратиграфической шкалы, а также путем радиоактивных датировок, положенных в основу так называемой абсолютной геохронологии. Точность биогеостратиграфических оценок времени не ясна. Она основывается на быстроте появления или вымирания различных видов организмов на площади планеты. Быстрота становления или вымирания видов, очевидно, неоднотипна и зависит как от их биохимических особенностей, так и от масштабов и скорости изменения среды обитания.

Скорость распространения сигналов в биосфере определяет пределы точности возрастной корреляции. По самым оптимистическим оценкам биогеостратиграфическая корреляция для мезозоя возможна с точностью 0,3—1,0 млн. лет, а для палеозоя — более 1 млн. лет. Очевидно, что средняя точность биогеостратиграфической корреляции в несколько раз ниже.

Точность индикации возраста в геологической истории фанерозоя по радиоактивным датировкам даже в особо благоприятных условиях не превышает 1—2% его полной величины. Погрешность наиболее распространенных калий-аргоновых дат оценивается примерно в 5%.

Помня о подлинной точности временных оценок, исчисляемых годами, не следует забывать, что длительность года и суток в течение фанерозоя также, вероятно, изрядно изменялась. Как указывает И. В. Круть (1973, стр. 13), имеются «достаточно надежные данные небесной механики, интерпретирующей приливные движения в системе Земля — Луна, согласно которым продолжительность докембрийского года превышала 400 дней».

Указанная точность оценки времени свидетельствует о том, что для значительной части фанерозоя не могут быть отождествлены явления, зафиксированные в разных регионах, с точностью, большей чем 5—10 млн. лет. Поэтому возможности изучения цикличности для фанерозоя в целом, несомненно, ограничены лишь циклами продолжительностью в десятки миллионов лет. Даже мгновенное событие, проявившееся на всей планете в кембрийское время, в настоящее время может быть оценено в лучшем случае с точностью $\pm 6 \div \pm 10$ млн. лет. Исследуя цикличность, мы учитываем комплексы явлений, их последовательность и сменяемость, поэтому изучение общепланетарной фанерозойской цикличности высокой частоты на современном уровне знаний остается невозможным.

Естественно, что даже для фанерозоя точность временных оценок не является одинаковой и уменьшается от кайнозоя к мезозою и далее к позднему, среднему и раннему палеозою, что отражает в первую очередь общее несовершенство биогеостратиграфической шкалы как основы датировок в геологии.

Рассматриваемые в следующих главах среднечастотные циклы и низкочастотные мегациклы различных геологических и геофизических явлений, несомненно, оцениваются с различной точностью, величина которой не всегда может быть строго определена. Тем не менее можно полагать, что установленные зависимости достаточно корректно характеризуют среднечастотную цикличность и низкочастотную мегацикличность, которые в основном и являются предметом нашего анализа. Исследование проблем средне- и низкочастотной цикличности (мегацикличности) различных геологических и геофизических явлений требует определенного абстрагирования от частных и деталей, имеющих местный или кратковременный характер. Можно ожидать, что закономерности, выявленные при изучении средне- и низкочастотной цикличности (мегацикличности), имеют ряд специфических особенностей, не свойственных более короткопериодным явлениям, и не пригодны для оценок каждого конкретного региона.

Рассматриваемые нами вопросы средне- и низкочастотной цикличности (мегацикличности) относятся к общепланетарным аспектам теоретической геологии, отображают специфику режима жизни планеты в целом. Следовательно, нами изучается планетарный уровень организации вещества (Ю. А. Косыгин, 1971), законы которого не могут быть, по крайней мере без предварительного рассмотрения и обоснованных корректив, перенесены на региональный уровень, уровень геологических формаций и другие более крупномасштабные уровни организации.

Исследование планетарных аспектов геологии требует анализа многих взаимосвязанных явлений, степень познания которых неравнозначна. Поэтому системный подход, необходимый при изучении рассматриваемой совокупности явлений, в полной мере не может быть эффективно реализован. Вместе с тем предпринимаемое комплексное изучение проблемы средне- и низкочастотной глобальной цикличности (мегацикличности), несомненно, является определенной попыткой использования возможных приемов системного подхода.

ОСНОВНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЦИКЛИЧНОСТИ ГЛОБАЛЬНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ТРАНСГРЕССИЙ, РЕГРЕССИЙ И СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА

Со времени выдвижения М. Бертрамом в 1886—1887 гг. представлений о тектонических циклах и сопутствующих им циклах трансгрессий—регрессий и осадконакопления этот вопрос в той или иной мере освещался во многих тысячах публикаций. Полагая, что история развития представлений о цикличности указанных процессов заслуживает самостоятельного подробного освещения, в настоящей главе будет рассмотрено лишь ограниченное число основополагающих работ и новейшие публикации, в которых проблема цикличности освещается на современном уровне знаний.

Изучению закономерной периодичности тектонических движений посвящена обширная литература, наиболее современный полный обзор и анализ которой приведен в монографиях и статьях А. А. Пронина (1969—1973), а также в работах И. А. Одесского (1972), А. Л. Яншина (1973), В. Е. Хаина (1971) и др.

Во многих публикациях последних лет (О. А. Вотах, 1973; И. В. Архипов и др., 1975; Т. Н. Спижарский, 1973, 1975; В. Е. Хаин, 1974 и др.) при рассмотрении проблемы тектонической цикличности произошла неоправданная подмена общего понятия периодической изменчивости глобальной тектонической активности, т. е. собственно тектонической цикличности, более частным вопросом о циклическом развитии геосинклинальных систем и неоднократном возобновлении, повторении в них процессов складчатости. Критикуя концепцию тектонической цикличности, Т. Н. Спижарский, Г. Д. Ажгирей и другие исследователи по существу полемизируют лишь с неоднократным «повторением геосинклинальных режимов» в геосинклинальных областях, которые рассматриваются ими как теоретическая основа тектонического районирования по возрасту главной или завершающей складчатости. Не обсуждая здесь этот важный, но частный вопрос, мы рассматриваем лишь общую проблему глобального режима тектонических движений, синхронно то усиливающихся, то ослабляющихся на большей части поверхности планеты.

Первоначально идея о фазах складчатости была высказана Г. Штилле (1924) и детально развита в его последующих исследованиях. Как показал Н. С. Шатский, Г. Штилле во многом возродил представления Эли де Бомона (1829—1830), который полагал, что в истории Земли происходит правильное чередование спокойных эпох и катастроф. Идея Г. Штилле содержала признание существования общемировых геологически весьма кратковременных фаз складкообразования (именуемых им фазами орогенеза), разделенных

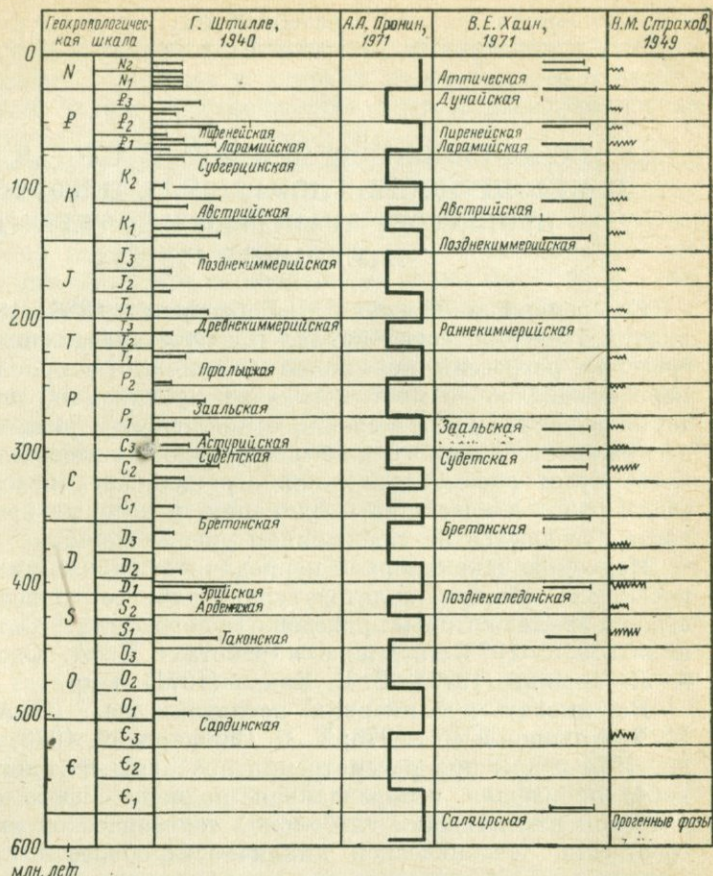
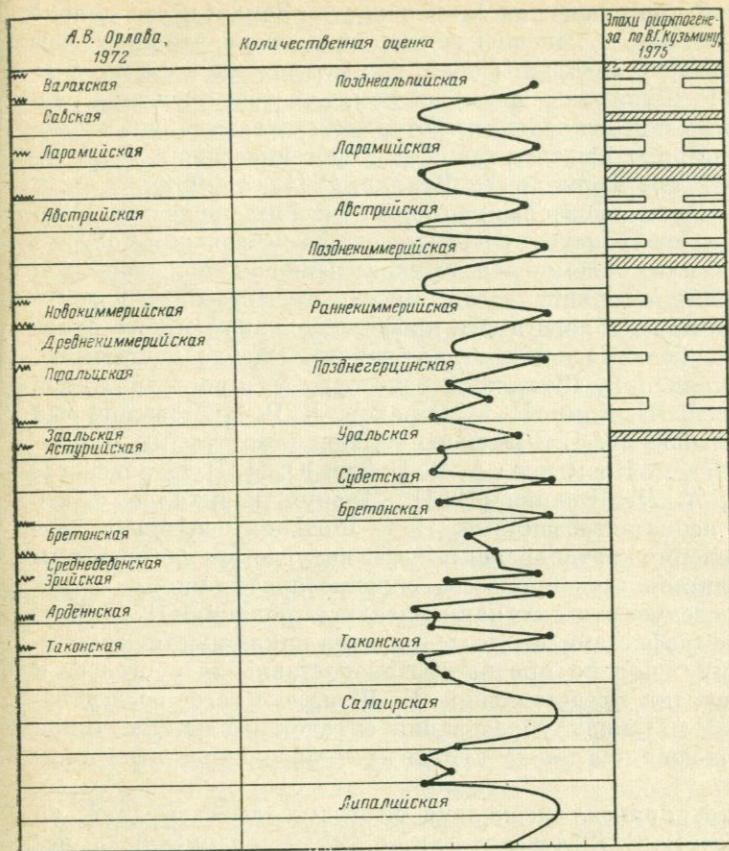


Рис. 3. Цикличность тектонических процессов

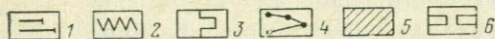
1 — фазы складчатости; 2 — эпохи складчатости; 3 — тектонические эпохи по А. А. Пронину; 4 — количественная оценка интенсивности тектонических процессов; эпохи рифтогенеза по В. Г. Казьмину (1975); 5 — интенсивные, 6 — слабые

продолжительными интервалами тектонического покоя, периодически повторяющихся в истории Земли. В течение этих интервалов имели место относительно плавные, спокойные тектонические движения, охватывающие обширные пространства. Эти движения именовались эпейрогеническими, а позднее волновыми.

Во всех трудах Г. Штилле придерживается представлений о кратковременности орогенных фаз, продолжительность которых оценивается им от сотен тысяч лет до не более 1 млн. лет, при этом свыше 97% фанерозойского времени признается анорогенным и лишь до 2,5% — орогенным. Выделяя в течение фанерозоя 40 орогенических фаз, Г. Штилле подразделяет их по рангам на четыре порядка, относя к первому порядку 7 фаз, ко второму — 13, а остальные 20 — к третьему и четвертому порядкам (рис. 3). Он считает, что число фаз в единицу времени в течение фанерозоя быстро увеличивается, ин-



20 40 60 80 100% J_{max}



тенсивность отдельных фаз уменьшается, а длительность разделяющих фазы анорогенных периодов быстро сокращается. Необходимо вместе с тем подчеркнуть, что распределение фаз Г. Штилле весьма далеко от правильной периодичности, что наглядно отображает рис. 3.

На протяжении всей своей жизни Г. Штилле защищает идею об эпизодичности, кратковременности и одновременности выделенных им фаз. Необходимо отметить, что одновременность понималась Г. Штилле как некоторое относительное понятие, обусловленное точностью наших датировок.

Совершенно неоправданно Г. Штилле в советской литературе приписывают взгляды о всеобщности тектонических фаз. Г. Штилле понимал эту проблему гораздо более широко, чем многие его оппоненты и последователи. В 1950 г. он писал: «Представление об

одновременности орогенических фаз в областях Земли, часто далеко отстоящих друг от друга, конечно, не свидетельствует, что орогенезы определенного возраста должны обнаруживаться повсеместно (выделено Г. Штилле. — *Авт.*) на Земле, а тектоническое развитие в обширных областях Земли, которые не охватывались орогенезами, не могло продолжаться также и в орогенические фазы в чистоту эпейрогенических формах» (Г. Штилле, 1964, стр. 684).

Развитие взглядов на эволюцию тектонических процессов в последние десятилетия происходит путем усовершенствования построений Г. Штилле или полемики с выдвинутыми им положениями. В этих дискуссиях приняли участие многие отечественные и зарубежные тектонисты и геологи иного профиля, однако полного единства взглядов даже по основным положениям еще не достигнуто.

Критике взглядов Г. Штилле и некоторых его последователей (В. В. Белоусов, В. Е. Хаин, Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов) был посвящен ряд работ Н. С. Шатского («Избранные труды», 1963—1965), а также Ю. А. Косыгина, А. В. Пейве, Ю. М. Пушаровского, Н. П. Штрейса, А. Л. Яншица (1954). Именуя Г. Штилле и его последователей неокатастрофистами, Н. С. Шатский оспаривал правомочность выделения кратковременных фаз по угловым несогласиям и доказывал длительность процессов складкообразования.

Вместе с тем следует отметить направленность полемики Н. С. Шатского с неокатастрофистами не столько против цикличности тектонических движений, сколько против противопоставления орогенеза и эпейрогенеза, против представлений Г. Штилле и его последователей о способах и темпах образования складок различных типов и складчатости в целом, а также против кратковременности тектонических фаз.

Покажем это, приведя несколько итоговых высказываний из различных работ Н. С. Шатского. Так, в 1937 г. он писал: «У истории земной коры нет чередования орогенических и эпейрогенических процессов. Процессы эти одновременны и тесно связаны друг с другом... Между типичными орогеническими движениями и эпейрогеническими, по-видимому, существуют переходы... В процессе превращения складчатой геосинклинальной области в платформенную последовательно затухают орогенические и эпейрогенические движения в порядке убывания интенсивности. В типичных платформенных условиях основными движениями являются спокойные эпейрогенические колебания, создающие плоские своды и пологие синеклизы» («Избранные труды», т. II, стр. 589).

Н. С. Шатский подчеркивал недостаточность имеющихся в его распоряжении материалов по территории Земли для окончательных суждений о распределении во времени орогенических фаз.

В более поздней работе в 1951 г. Н. С. Шатский анализирует как конкретный полемический пример развитие складчатости в Северном Кабристане и показывает, что длительность «фазы Северного Кабристана в абсолютном исчислении определяется в 20—25 млн. лет, общая же продолжительность третичного складкообразования в этом районе — не менее 30 млн. лет» («Избранные труды», т. II, стр. 649).

Н. С. Шатский признает каледонскую, герцинскую и альпийскую эпохи повышения тектонической активности для крупных территорий. Он пишет: «Но если рассматривать земной шар в целом, то можно ли утверждать, что все его развитие состоит из чередования коротких «орогенных» и крайне длительных «анорогенных» периодов... Считаю, что такого чередования нет. В развитии земной коры мы знаем сравнительно немного моментов, когда огромные сегменты планеты геосинклинального типа превращались в качественно иные, в платформенные области; однако, как неоднократно повторялось, это превращение совершается не «орогеническими актами»..., а как результат длительных изменений во время господства геосинклинального режима. Само же складкообразование, т. е. деформации, образующие складки, сбросы, сдвиги, я думаю, совершается все время, то усиливаясь, то замедляясь, то распространяясь на большие пространства коры, то сосредоточиваясь в узких пределах... В общей непрерывности есть своя неравномерность, общее количество деформируемых масс в каждый геологический момент изменяется, но как, в какие периоды, — мы еще не знаем» («Избранные труды», т. II, стр. 652).

Критика Н. С. Шатским «штиллеанства» привела к усилению изучения проблем природы и синхронности тектонических движений, к анализу их развития в различных регионах. Это способствовало развитию современных представлений, во многом преодолевших недостатки первого канона тектонических фаз Г. Штилле.

Большинство советских исследователей, включая Д. В. Наливкина, В. Е. Хаина, М. В. Муратова, Н. М. Страхова, Б. А. Роннова, В. В. Белоусова, А. А. Богданова, А. А. Пронина, В. И. Попова и др., признают существование фаз и эпох, понятие о которых значительно шире «фаз складчатости» Г. Штилле. Тектонические фазы и эпохи в современном понимании — это интервалы времени повышенной тектонической активности, интенсификации процессов магматизма и рудообразования. Активизация тектонических движений может иметь следствием в конкретных районах не только усиление складкообразования, воздымания, орогенеза, но и активизацию противоположных им процессов прогибаний, рифто- и грабенообразования. Между тектоническими эпохами с повышенной мобильностью на временной шкале располагаются эпохи относительного покоя, когда вышеупомянутые проявления тектогенеза протекают с незначительной интенсивностью.

Представление о фазах складчатости или орогенических фазах Г. Штилле, находит широкое использование в работах советских исследователей, подвергаясь обычно заметным, но не принципиальным трансформациям, состоящим в сокращении фаз третьего и четвертого порядков. На рис. 3 приведены орогенические фазы в модификации Н. М. Страхова (1949), воспроизведенные затем в работе С. П. Максимова и др. (1972). На рис. 3 изображены также фазы складчатости в модификации В. Е. Хаина и А. В. Орловой, которые исключили ряд фаз первого и второго порядков Г. Штилле.

Современное понимание длительности тектонических фаз и эпох и разделяющих их интервалов относительного тектонического покоя существенно изменилось по сравнению с каноном фаз Г. Штилле.

Длительность фаз и эпох повышенной мобильности обычно признается более продолжительной, время действия отдельных фаз нередко оценивается в 1—2 млн. лет. Продолжительность тектонических эпох оценивается в 5—15 млн. лет. Однако по взглядам сторонников выделения тектонических фаз и эпох интервалы времени усиленной тектонической активности относительно непродолжительны, они разделяются более протяженными (в 3—10 раз) периодами, когда тектонические движения резко ослаблены. Широкое признание получила идея о нестрогой повсеместности, о нестрогой синхронности отдельных фаз, о наличии довольно многочисленных тектонических фаз, имеющих региональное, континентальное распространение или свойственных преимущественно крупным суперматерикам (Лавразия, Гондвана), либо различным сегментам земной коры (Тихоокеанский, Атлантический).

Новым шагом в изучении периодизации и характера цикличности тектонических движений на современном уровне знаний являются работы А. А. Пронина, который впервые выполнил статистическое исследование перерывов и несогласий в разрезах фанерозоя всех материков с использованием материалов многочисленных опубликованных работ. Материалы анализа А. А. Пронина являются наиболее всеобъемлющими и, несомненно, должны быть положены в основу современных объективных представлений о характере тектонических движений фанерозоя. А. А. Пронин (1971) выделяет в течение фанерозоя 13 тектонических эпох повышенной мобильности продолжительностью 15—40 млн. лет каждая, синхронных на площади современной суши. Эти тектонические эпохи чередуются с эпохами длительностью до 30 млн. лет, в течение которых интенсивность тектонических движений резко уменьшалась (рис. 3). Более подробно выводы этого исследователя будут проанализированы ниже.

Весьма интересные результаты о цикличности тектогенеза получены В. Г. Казьминим (1975), изучившим особенности развития континентальных и океанических рифтов. Им установлено, что в различных рифтовых системах выделяются синхронные эпохи усиления тектонических движений, которые выражаются либо в образовании новых рифтов, либо в активизации и изменении режима развития ранее созданных.

В течение последних 200 млн. лет установлены мощные эпохи рифтогенеза, повторяющиеся примерно через 40 млн. лет, начало которых датируется 200, 160, 120, 80, 40 и 3—4 млн. лет; в промежутках между этими эпохами слабые всплески тектонической активности отмечаются в среднем через 20 млн. лет (рис. 3).

Весьма близка к взглядам Г. Штилле и периодизация тектонической истории Земли, принятая в последних работах В. Е. Хаина (1971). На рис. 3 приведены тектонические эпохи, которые, по В. Е. Хайну, обнаруживают относительную одновременность в пла-

нетарном масштабе, объединяют группу близких во времени тектонических фаз и характеризуются продолжительностью в несколько миллионов лет. В. Е. Хаин объединяет тектонические эпохи в отдельные тектонические эры — эквиваленты циклов — с продолжительностью 150—200 млн. лет. Нередко в качестве синонима тектонических циклов используют термин эндогенные циклы (В. В. Белоусов, 1972). Представления о тектонических циклах положено в основу современной тектонической картографии, основные принципы которой сформулированы М. Бертраном, а затем развиты и реализованы А. Д. Архангельским, Н. С. Шатским, А. А. Богдановым и др.

Представления о наличии байкальского, каледонского, герцинского, киммерийского и альпийского циклов получили самое широкое распространение, вошли во все учебники общей, структурной, исторической геологии и геотектоники и рассматриваются обычно как твердо установленный факт, как одна из краеугольных основ геологии.

Однако представления о наличии тектонической цикличности не являются общепринятыми. Одни исследователи считают тектоническую активизацию Земли периодическим процессом (Г. Штилле, С. Н. Бубнов, М. В. Муратов, В. В. Белоусов, В. Е. Хаин и др.), хотя и расходятся в оценке длительности эпох активизации и относительного покоя; другие вообще отрицают глобальную цикличность тектонических процессов (А. Л. Яншин, Ю. М. Пуцаровский, Р. Г. Гарецкий, Т. Н. Спижарский и др.). А. Л. Яншин не признает существования каких бы то ни было единых общепланетарных тектонических эпох и фаз в развитии земной коры и считает, что цикличность свойственна развитию только отдельных крупных регионов, тектонический режим которых не синхронизирован и неодинаков. А. Л. Яншин, Ю. М. Пуцаровский, Р. Г. Гарецкий и другие исследователи отрицают глобальный характер тектонических циклов. По завершении работы над тектонической картой Евразии А. Л. Яншин писал: «Изучение материалов Евразии приводит к убеждению об отсутствии не только общепланетарных фаз, но и общепланетарных эпох складчатости, представление о которых лежит в основе многих теоретических выводов литологов и астрогеологов» (1965, стр. 30).

Особенно настойчиво отрицает обоснованность выделения глобальных тектонических циклов в своих последних работах Ю. М. Пуцаровский. Так, обобщая опыт составления тектонических карт, он пишет: «Длительное время в тектонике считался универсальным для истории Земли известный ряд тектонических «циклов». Однако первые же работы по составлению тектонических карт показали, что время становления складчатых зон геосинклинального происхождения не следует обязательно связывать с заданными тектоническими эпохами, или «циклами», предусмотренными «европейским стандартом» (каледониды, герциниды, альпиды)» (1971, стр. 219). Этот исследователь энергично возражает против синтеза общепланетарных тектонических эпох, или циклов, полагая, что более

правильным является выделение разновозрастных, асинхронных в различных регионах складчатых зон, датированных по геохронологической шкале, нашедшее отображение на составленной под его редакцией тектонической карте Тихоокеанского сегмента Земли. «Такой эмпирический подход значительно полезнее для изучения тектонических процессов на Земле, чем старейший, превратившийся уже в догматический» (Ю. М. Пушаровский, 1971, стр. 120). Выделенные нами части последней цитаты весьма примечательны. Из них следует, что понятие цикличности многие исследователи объявляют «старым», «догматическим», хотя альтернативный подход не решаются оценить как теоретический, а именуют его лишь «эмпирическим».

Полемизируя со сторонниками цикличности тектонического развития, Т. Н. Спизарский, Ю. М. Пушаровский, Г. Д. Ажгирей, Ю. М. Шейнман и другие исследователи, с одной стороны, противопоставляют цикличности эволюционную направленность развития, а с другой стороны, отвергают цикличность тектогенеза на основе несовместности ее проявления. Оба эти направления критики цикличности тектогенеза нельзя признать корректными. Тектогенез проявляется в форме деформаций геологических структур, которые могут быть описаны только в многопризнаковом пространстве. Одни из признаков геологических структур развиваются преимущественно направленно, а другие — преимущественно циклически, поэтому направленность и цикличность диалектически всегда сосуществуют в геологических явлениях. Противопоставляя направленность цикличности или признавая доминирующую роль одной из форм движения геологической материи, значит односторонне подходить к явлениям. Эволюционный нециклический открытый ряд последовательного формирования базальтовой коры → геосинклиналей → континентальной коры → платформ → орогенов и георифтогеналей Т. Н. Спизарского вовсе не отрицает периодическое усиление и ослабление тектогенеза.

В той же мере отсутствие или ослабленное проявление тех или иных тектонических эпох в Тихоокеанском сегменте совершенно недостаточны для отрицания глобальной цикличности, выводы о которой могут быть сделаны только по материалам общепланетарного синтеза данных. Именно такой синтез, выполненный А. А. Прониным, В. Г. Казминым и другими исследователями, с несомненностью свидетельствует о существовании определенных форм тектонической цикличности (см. главу III).

Представления о неоднократной смене трансгрессий и регрессий в геологической истории Земли появились уже давно и казались естественным отображением широко известной сменяемости в различных разрезах морских и континентальных образований.

В конце XIX — начале XX вв. в трудах Э. Зюсса, Э. Ога, Г. Штилле формулируются представления о периодической повторяемости трансгрессий и регрессий, о тесной связи тектонической и седиментологической цикличности. Поскольку тектонические фазы и циклы причисляются к явлениям глобальным, соподчиненные им

трансгрессии и регрессии также расцениваются как общепланетарное явление. Безусловно, в распоряжении упомянутых крупнейших ученых не было фактического материала, позволяющего определенно говорить о связи тектонической и седиментологической цикличности, однако такая связь представлялась им очевидной и они постулировали ее с дерзкой смелостью первопроходцев и создателей геологической науки.

Детальное геологическое картирование, тщательное изучение многих месторождений осадочных полезных ископаемых обнаруживали периодичность осадочных толщ, установленный закон не встречал возражений и постепенно превратился в один из канонов геологии.

Представления о цикличности тектонических движений и цикличности седиментации, высказанные в виде общих идей достаточно давно, получают детальную разработку и надежное научное подкрепление и в самое последнее время.

Многочисленные исследования проведены по вопросам периодичности образования специфических флишевых (Н. Б. Вассоевич, 1940, 1948 и др.) и особенно угленосных формаций (Ю. А. Жемчужников, Г. А. Иванов, П. П. Тимофеев и др.). В процессе этих исследований разработаны и апробированы детальные методы оценки генезиса осадков. Изучение ритмичных осадочных толщ показывает, что главной причиной формирования ритмов разных порядков является ритмичность колебательного режима тектонических движений.

Детальное изучение ритмичности угленосных толщ проведено во многих районах мира, причем практическая потребность организации тяжелых горных работ при попластовой добыче обусловила совершенно однозначное прослеживание отдельных пластов на огромных расстояниях вплоть до зон их полного выклинивания. Поэтому обобщение материалов по характеру строения угленосных формаций в настоящее время наиболее близко к общемировому синтезу информации по этой проблеме. Это обобщение базируется на материалах почти полуторавековых исследований ритмичности угленосных толщ, так как первые ее описания были сделаны еще в начале XIX в.

Анализ материалов по угленосным бассейнам мира показал, что неотъемлемой особенностью угленосных формаций является их ритмичность. При исследовании строения этих формаций обычно удается выделить ритмичность разных порядков. Под простейшим, или элементарным, циклом (по нашей терминологии — ритмом) осадконакопления, по П. П. Тимофееву (1971), понимается полифациальный комплекс отложений, состоящий из парагенетически связанных местом и условиями образования различных генетических типов осадков, закономерно сменяющих друг друга в определенной последовательности. Эти простейшие ритмы в определенной последовательности сменяют друг друга как в плане, так и по разрезу, что и придает угленосным формациям общее периодическое строение.

Прослеживая смену в разрезе и в плане русловых и пойменных фаций рек, озерно-болотных и болотных отложений, прибрежно-мор-

ских и собственно морских отложений, удается в каждом угленосном регионе для времени накопления угленосных формаций наметить последовательную серию трансгрессий и регрессий моря, оценить их относительную длительность и масштабы и в итоге нарисовать четкую и хорошо задокументированную картину колебательных движений, которые имеют наглядный периодический характер.

Детальное изучение природы процесса осадконакопления особенно интенсивно происходило в нашей стране в 30—40-е годы. В соответствии с разработками А. Д. Архангельского, М. С. Швецова, Н. М. Страхова и других исследователей Л. В. Пустовалов в 1940 г. формулирует закон периодичности осадкообразования: «Определенные геологические моменты характеризуются преимущественным накоплением определенных типов осадков, причем наиболее интенсивное образование этих типов осадков периодически повторяется на протяжении геологической истории Земли: последовательность образования доминирующих типов осадков соответствует схеме осадочной дифференциации вещества и повторяется вновь после каждой мировой геологической революции, составляя большие периоды осадконакопления; на фоне больших периодов могут иметь место малые периоды осадконакопления, имеющие местное значение и связанные с местными проявлениями тектонических сил» (Л. В. Пустовалов, 1940, стр. 361).

Аналогичные взгляды почти одновременно развивал и Н. М. Страхов, который свои построения о цикличности осадконакопления основывал на изучении совокупности имевшихся палеогеографических карт. По Н. М. Страхову трансгрессии были довольно длительными и сменялись кратковременными регрессиями, с которыми совпадали орогенические фазы Г. Штилле.

Эти взгляды Л. В. Пустовалова и Н. М. Страхова оспаривались Н. С. Шатским, Ю. А. Косыгиным, А. В. Пейве, А. Л. Яншиным и др. (1951). Анализируя работы литологов, Н. С. Шатский и др. считали, что «всеобщих для континентального блока ритмов в истории Земли не существовало и каждый из них выделен совершенно искусственно. Трансгрессиям на одних платформах часто соответствуют регрессии на других, и максимумы и минимумы затопления «континентального блока» Н. М. Страхова представляют собой результат суммирования процессов, которые в разных местах идут в противоположных направлениях... Неправильные представления литологов относительно периодичности осадкообразования в значительной мере объясняются, конечно, существованием ложных тектонических теорий, согласно которым динамическая жизнь Земли подчинена сложным циклическим закономерностям планетарного масштаба» (Н. С. Шатский, «Избранные труды», т. II, стр. 91, 92).

Однако отрицание связи цикличности осадконакопления и тектонических процессов сочетается у названных ученых с допущением возможности общемировых регрессий, что очевидно из следующих высказываний: «Ход тектонических процессов в целом на поверхности Земли был неравномерным. Следовательно, мы должны предполагать существование в планетарном масштабе эпох, когда уси-

ленный размыв и соответственно накопление терригенных осадков охватывали более обширные площади, и эпох, когда они охватывали сравнительно меньшие площади» (Н. С. Шатский, «Избранные труды», т. IV, стр. 100).

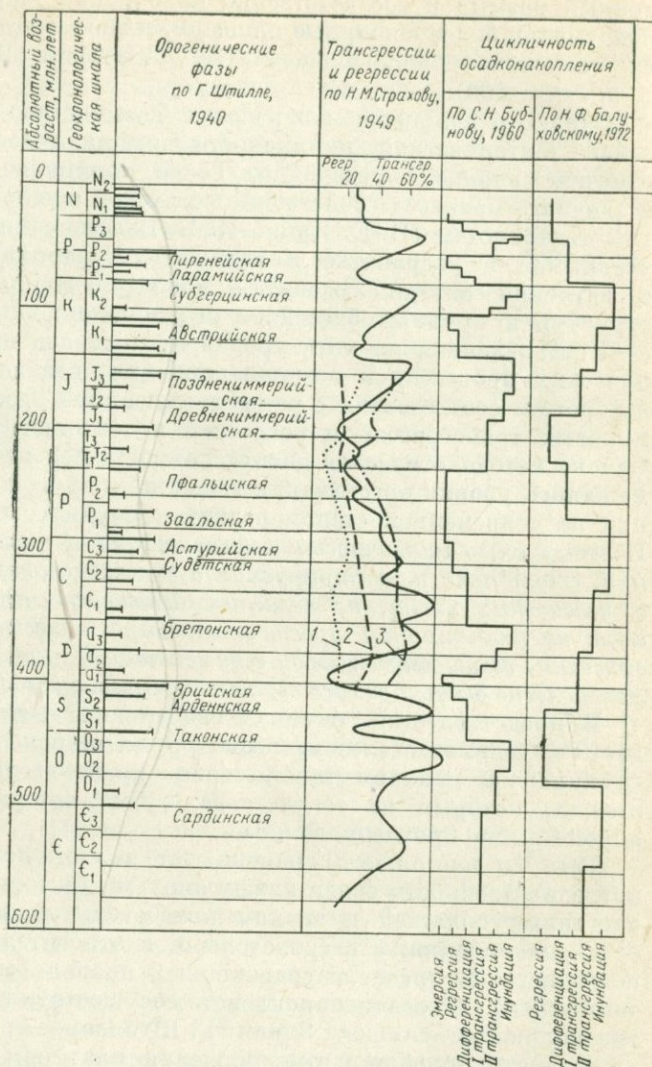
Однако в дальнейшем в работах большинства литологов тесная связь тектонической цикличности и цикличности седиментации отмечена вполне определенно. Такое понимание закономерностей осадочного процесса свойственно советской школе литологов и многим тектонистам (В. Е. Хаин, Н. Б. Вассоевич и др.); оно нашло отражение в разработке и применении формационного анализа, в изучении истории развития конседиментационных локальных структур и крупных бассейнов осадконакопления.

Установленная на этом уровне взаимосвязь цикличности тектонических процессов и осадконакопления, казалось бы, находится в хорошем соответствии с ранее высказанной идеей об общей связи мировых трансгрессий и регрессий и тектонической цикличности. Однако методологическая дискуссионность перенесения корреляций из одного уровня организации вещества в другой уровень организации на современной стадии развития науки совершенно очевидна. Поэтому *связь цикличности седиментации и тектонических движений, столь ярко иллюстрируемая в высокочастотных циклах флиша и угленосных толщ, не является доказательством наличия такой связи на планетарном уровне организации вещества. На этом уровне выяснение взаимосвязи между седиментацией и тектоническим режимом должно быть предметом независимого анализа.*

В представлениях о связи глобальной тектонической цикличности с седиментогенезом, несмотря на широкое признание принципиального наличия такой связи, практически нет конкретных правил, которым не сопутствовали бы альтернативные правила, порой прямо противоположные.

Так, до настоящего времени нет полной ясности о характере или единственности связи между эпохами тектонической активности орогенных областей и знаком колебательных движений областей осадконакопления, а следовательно, и относительными масштабами последнего. В арсенале современных правил взаимосвязи явлений тектогенеза и осадконакопления сосуществуют два взаимно противоположных закона. Закон Г. Штилле — А. Д. Архангельского гласит, что колебательные движения платформ и геосинклиналей однотипны и синхронны, т. е. орогенезу и регрессиям в геосинклиналях сопутствуют поднятия и регрессии на платформах, а прогибаниям в геосинклиналях сопутствуют трансгрессии на платформах. Примером может служить развитие Русской платформы и Уральской геосинклинали в среднем девоне (С. В. Тихомиров, 1973).

Закон Э. Ога, напротив, предусматривает, что знаки движений на платформах и в смежных геосинклиналях противоположны. Например, в раннемеловую эпоху в альпийской геосинклинали юга СССР происходили прогибания, а в смежных районах Русской платформы происходили поднятия. Многочисленные примеры выпол-



нения и закона Э. Ога, и закона Г. Штилле — А. Д. Архангельского приведены в обширной статье А. Л. Яншина (1973).

Заметные разногласия наблюдаются и в оценке общей закономерности протекания тектонических циклов и циклов осадконакопления.

Необходимо отметить, что, в то время как изучение цикличности тектонического режима ограничивается, как правило, выделением «двухтактных» циклов (тектоническая эпоха — эпоха относительного покоя), при анализе режима цикличности осадкообразования, или режима трансгрессий — регрессий, подавляющее большинство исследователей подразделяют цикл на 3—6 «тактов».

Так, Н. М. Страхов (1949) в формировании осадочных циклов

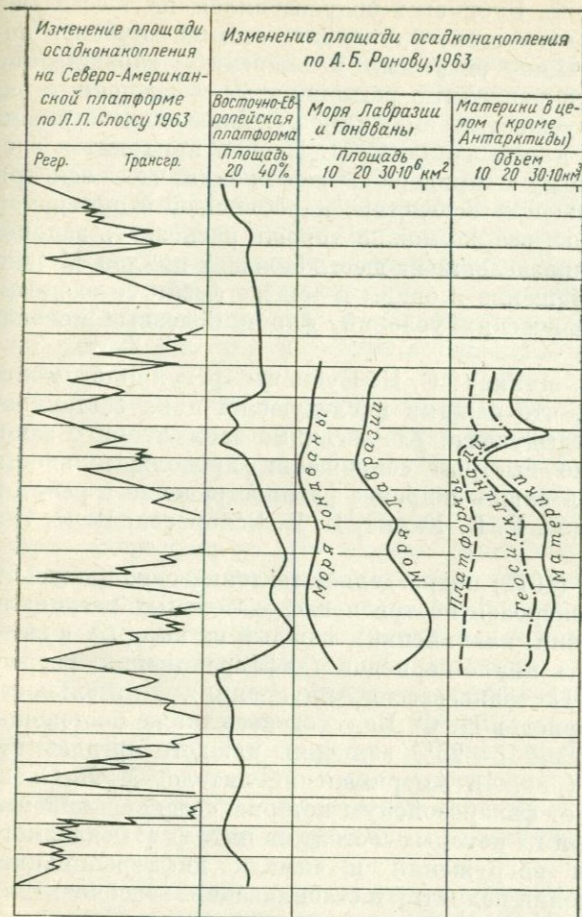


Рис. 4. Цикличность седиментогенеза

Площади осадконакопления по А. Б. Ронову (1961): 1 — платформы, 2 — геосинклинали, 3 — материки в целом

выделял три основные стадии: начало развития трансгрессии, время относительно стабильного состояния бассейна, поднятия и регрессии.

Н. М. Страхов выделил в фанерозое 12 периодов трансгрессий — регрессий (рис. 4). С. Н. Бубнов (1960) разделил послекембрийскую историю на шесть циклов трансгрессий и регрессий, которые, по мнению этого ученого, распространялись на весь земной шар и соответствовали общим погружениям и поднятиям всех материков: древнепалеозойский (кембрий — нижний девон), новопалеозойский (нижний девон — нижний триас), древнемезозойский (триас — юра), новомезозойский (мел — палеоцен), древнетретичный (эоцен — миоцен), поздне третичный — четвертичный (незавершенный) (рис. 4).

Каждый из циклов С. Н. Бубновым подразделялся на шесть фаз (I трансгрессия, II трансгрессия, инундация — самое глубокое погружение, дифференциация, регрессия и эмерсия — наращивание материков). Анализируя различные региональные и временные осложнения, которые «упускают из виду самое главное, ничего не опровергают и ничего не доказывают», С. Н. Бубнов приходит к следующему выводу: «Поэтому я придерживаюсь мнения, что, несмотря на осложнения, возникающие вследствие нарастающей структурной деформации земной коры, все же можно хорошо распознать закономерное циклическое подразделение на шесть больших циклов. Можно также доказать и возвращение к одним и тем же фазам со сходным развитием палеогеографических условий, фаций, полезных ископаемых» (1960, стр. 214).

Продолжительность циклов С. Н. Бубнова регулярно понижается таким образом, что каждый последующий цикл составляет приблизительно $\frac{2}{3}$ предыдущего. Аналогичные заключения о закономерном и достаточно быстром сокращении продолжительности тектонических периодов нашли широкое распространение в работах и учебниках по тектонике В. Е. Хаина, В. В. Белоусова, И. И. Потапова и др.

Н. Ф. Балуховский (1972) подразделяет тектонические движения и осадконакопление фанерозоя на три последовательных мегацикла (каледонский, герцинский, альпийский), каждый из которых в свою очередь делится на пять цикло-периодов (дифференциация, регрессия, I трансгрессия, II трансгрессия, инундация). Длительность мегациклов и цикло-периодов Н. Ф. Балуховского также постепенно сокращается примерно на 15—25% величины каждого предшествующего подразделения (рис. 4). Американский литолог Л. Л. Слосс (1963, 1966) подразделяет фанерозойскую историю осадконакопления на шесть циклов, каждый из которых состоит из пяти фаз: медленного погружения, усиления погружения и начала дифференциации, кратковременного усиления поднятий и стабилизации, возобновления погружений, общего поднятия.

Схема Л. Л. Слосса имеет определенные черты сходства с представлениями С. Н. Бубнова и Н. Ф. Балуховского, однако в отличие от них циклы и фазы Л. Л. Слосса не обнаруживают тенденцию к постепенному сокращению. Другой важной особенностью построения Л. Л. Слосса является заключение об отсутствии согласованности относительной интенсивности тектонических движений Северо-Американской платформы и смежных геосинклинальных мобильных поясов. Отрицание такой связи или признание ее несущественной роли вообще является характерной особенностью взглядов многих американских исследователей.

Наряду с представлениями Г. Штилле, С. Н. Бубнова, М. В. Стоваса, Н. Ф. Балуховского о закономерном сокращении в фанерозое продолжительности циклов трансгрессий и регрессий существует мнение о том, что в течение фанерозоя трансгрессии происходили через примерно равные промежутки времени, в среднем через 35—45 млн. лет (Г. Ф. Лунгергаузен, Г. П. Тамразян).

В работах вышеупомянутых исследователей цикличность осадконакопления разрабатывается как универсальная категория, применительно ко всем категориям тектонических структур, включая и геосинклинали, и платформы.

В исследованиях В. Д. Наливкина, Г. П. Евсеева и др. (1969), Н. Ю. Успенской (1968, 1972), В. П. Казаринова (1960, 1969) разрабатываются вопросы цикличности платформенного осадконакопления в связи с вопросами нефтегазоносности платформенного чехла. Наиболее детально на материалах Западной Сибири цикличность мезозойско-кайнозойского осадконакопления рассмотрена Ю. Н. Карагодиным (1974). Количественной мерой трансгрессий и регрессий этот автор считает площади, занимаемые морскими отложениями на Западно-Сибирской плите, анализируя которые, он намечает в составе трансгрессивно-регрессивного цикла четыре фазы: инициально-трансгрессивную, финально-трансгрессивную, начально-регрессивную и финально-регрессивную. Кроме того, в начальном цикле платформенного осадконакопления Ю. Н. Карагодин выделяет пятую фазу, предшествующую инициально-трансгрессивной, — ингрессивную. По мнению этого исследователя, трансгрессивные фазы осадочного цикла характеризуются медленными прогибаниями и маломощным осадконакоплением. В начально-регрессивную фазу интенсивность прогибания усиливается и формируются осадочные терригенные толщи, мощность которых во много раз (до 10—20) превышает мощность трансгрессивных отложений, что связано не с возвышением дна бассейна, а с усилением поднятий прилегающей к бассейну суши. В финально-регрессивную фазу скорость погружения дна бассейна уменьшается, а интенсивность воздыманий области сноса достигает максимума, что приводит к переполнению бассейна терригенным материалом и к отступанию моря.

Расчленение цикла осадконакопления Ю. Н. Карагодина несущественно отличается от построений С. Н. Бубнова, Н. Ф. Балуховского и др. Выделяемая этими исследователями фаза дифференциации в схеме Ю. Н. Карагодина выступает под названием начально-регрессивной.

Сопоставление взглядов ряда ведущих сторонников связи цикличности глобального тектогенеза и осадконакопления показывает специфичность утверждений каждого автора о наличии такой связи, что, несомненно, свидетельствует об острой нехватке фактического материала в решении этой проблемы и о широкой свободе умозрительного субъективного конструирования различных схем.

Однако многократное повторение многими видными учеными от Г. Штилле (1924) до В. В. Белоусова (1972) и В. Е. Хаина (1973) идеи о том, что в основе тектонической цикличности лежит повторяемость очень крупных ундаций, т. е. общемировых поднятий и опусканий (или, наоборот, что ундации являются следствием тектонической цикличности) придало ей убедительность, породило привычку принимать ее на веру. Распространенность подобных воззрений нередко оказывает самое непосредственное влияние и на терми-

нологию, даже в том случае, когда результаты анализа материалов не содержат оснований для подобных утверждений.

Так, А. А. Пронин (1969, 1973), присваивая выделенным им относительно стабильным эпохам наименование «талассократические», не имел в виду какой-либо конкретный результат своего анализа об изменении площади морей и океанов, а руководствовался дедуктивными соображениями о преимущественном развитии трансгрессий и расширении морей в эпохи тектонического покоя.

Примеры подобного рода, когда исследователи ставят знак равенства между глобальными циклами и эпохами тектоническими и общемировыми регрессиями — трансгрессиями, весьма многочисленны. Эти исследователи чаще всего основываются на представлениях о пульсационной схеме развития Земли, то сжимающейся, то расширяющейся, или просто постулируют вслед за классиками геологии взаимосвязь тектогенеза и ундаций.

Однако крупные исследования последних лет показывают, что указанная взаимосвязь не столь очевидна, как обычно принимается.

В работах по оценке цикличности тектонических движений и седиментогенеза, опубликованных в 60—70-х годах, можно заметить два методически диаметрально противоположных подхода. Первый — эмпирический описательный подход — включает тщательное изучение конкретных проявлений цикличности, не сопровождающееся поисками общих законов, попытками установления взаимной связи. Авторы таких работ, собрав громадный фактический материал, не переходят к обобщениям, полагая, что время для них еще не наступило.

Примером эмпирического подхода к явлениям цикличности может служить работа П. Даффа, А. Халлама и Э. Уолтона (1971). Эти авторы не ставили перед собой задачу изучения проблемы цикличности вообще, они ограничились изучением циклов, намеченных в различных генетических типах осадков: флювиальных, озерных, эпиконтинентальных морей и т. п. Изучая угленосные, эвапоритовые, флишевые, молассовые и другие образования на примере конкретных разрезов, они так формулируют принципы своего подхода к оценке цикличности: «Любая субъективная оценка наличия или отсутствия цикличности осадконакопления сомнительна. Поэтому любая попытка систематического описания ритмично построенных разрезов должна делаться на объективной и там, где это возможно, количественной основе» (П. Дафф, А. Халлам, Э. Уолтон, 1971, стр. 19).

В целом исследование П. Даффа с соавторами является первой попыткой обобщения обширного фактического материала по различным типам циклического осадконакопления — обобщения чисто эмпирического. Авторы сознательно отказались от каких-либо широких обобщений и выводов, выходящих за рамки локальных механизмов цикличности, считая, что проанализированный ими материал недостаточен для этого. Они подчеркивали: «Изучение очень небольших по размеру площадей с ограниченными мощностями разрезов осадочных пород приводило к заключениям о том, что механизм

формирования этих пород имеет в своей основе глобальные или даже космические причины. Мы не хотим утверждать, что эти далеко идущие предположения полностью несостоятельны, но считаем, что между масштабами выводов и масштабами наблюдений должно быть приближительное соответствие» (П. Дафф, А. Халлам, Э. Уолтон, 1974, стр. 250).

В исследованиях советских авторов наиболее полно и широко проявился индуктивный подход при выявлении генетической сущности угленосных ритмов. Ритмы в подавляющем большинстве исследованных регионов имеют мощности от 5—6 м до десятков метров и включают от 5 до 12—13 литологических элементов терригенных пород (кроме угольного пласта и подчиненных пластов карбонатных пород), образующих трансгрессивный и регрессивный полуритмы. Угленосные формации содержат от 2—3 до 250 ритмов. Установлено, что формирование ритмически построенных угленосных толщ происходит на обширных отмелях и лагуно-баровых побережьях крупных мелководных морских или озерных бассейнов. При наличии обязательных особенностей физико-географической обстановки (гумидный климат, обилие растительности, плоская торфяно-болотная низменность размерами от десятков до тысяч квадратных километров), устойчивой на протяжении нескольких тысячелетий, формирование угленосных ритмов происходит в геотектонической обстановке компенсированного прогибания, на которое накладываются колебательные квазигармонические движения в волновых (различных по амплитуде и скорости движения в разных частях) прогибах и волновых поднятиях, сменяющих друг друга во времени и в пространстве (Г. А. Иванов, А. В. Македонов, Н. В. Иванов и др.). Волновые прогибания и поднятия угленосных бассейнов обусловлены сложными блоково-пликативными вертикальными движениями их основания.

Детальное изучение ритмичности флишевых толщ (С. А. Афанасьев, 1974) или терригенных толщ отдельных районов (например, Ю. П. Смирнов, 1974 и др.) направлено на выяснение вероятностно-статистических региональных закономерностей связи между мощностью слоев и размерами обломочных зерен, между мощностью слоев и карбонатностью, на выяснение порядков периодичности, нередко приближенно маркируемых по времени. Исследования типа рассмотренных выше построений П. Даффа с соавторами ориентированы на выявление бассейновых признаков цикличности и их особенностей и не характеризуют межрегиональные или планетарные закономерности.

Статьи А. В. Авдеева (1973), монографии Н. Е. Мартянова, Л. И. Панкуля (1968), О. Г. Сорохтина (1974) являются наглядными примерами другого, дедуктивного, подхода. Рассмотрение некоторых построений Н. Е. Мартянова проведено недавно А. Л. Яншиным (1972), поэтому ниже приведем основные данные о других работах «дедуктивистов».

А. В. Авдеев (1973) считает, что важнейшим достижением геологии является установление соответствия продолжительности текто-

но-магматических циклов солнечному галактическому году и что задача тектоно-магматической периодизации истории Земли перерастает в задачу создания галактической геохронологии. Длительность галактического года по оценкам различных авторов варьирует от 176 до 245 млн. лет в зависимости от оценки изменяющегося расстояния от Солнца до центра Галактики.

А. В. Авдеев строит траекторию движения Солнца в Галактике в форме закручивающейся спирали. Разбив спираль на витки и каждый виток на четыре квартала, автор получает «магический ряд цифр», которые, по его мнению, отражают основные этапы развития Земли: 0, 78, 156, 232, 312, 465, 620, 775, 930, 1240, 1560, 1870, 2180, 2805, 3430, 4055, 4680, 5930, 7180, 8430, 9680 млн. лет и т. д. Для подтверждения каждой цифры в интервале 4055—620 млн. лет автор приводит сведения об оледенениях, об абсолютном возрасте метаморфизма и рудогенеза в различных регионах земного шара и др.

Исследование А. В. Авдеева базируется на произвольно отобранном фактическом материале, который привлекается для обоснования идеи, родившейся из философских воззрений автора.

Близкие А. В. Авдееву взгляды развивает Л. И. Панкуль (1968), который рассматривает цикличность тектонических процессов на Земле как часть общего процесса планетогенеза в Солнечной системе. Он выделяет в истории Земли семь мегациклов по 860 млн. лет в каждом и последний незавершенный цикл длительностью 240 млн. лет¹. Мегацикл, по Л. И. Панкулю, состоит из четырех периодов полного галактического обращения Солнца (по 215 млн. лет каждый) или пяти аномалистических периодов его движения, соответствующих большим циклам тектогенеза (172 млн. лет).

Каждый аномалистический период слагается из двух «драконических» периодов (по 86 млн. лет) колебательного движения Солнца в направлении, параллельном оси вращения Галактики. «Драконический период распадается на две части (43 млн. лет), соответствующие времени одной четверти периода колебаний Солнца по Z-ординате Галактики, каждая из которых в свою очередь слагается из двух полупериодов длительностью 21,5 млн. лет.

Таким образом, указанный автор рассматривает развитие Земли как детерминированный гармонический колебательный процесс, протекающий с неизменной скоростью и характеризующийся периодичностью 21,5, 43, 86, 172, 215, 860 млн. лет. Он выделяет следующие возрастные рубежи в истории Земли (в млн. лет): 6500 (образование газообразной протопланеты), 6260, 5400, 4540, 3680, 2820, 1960, 1100, 928, 756, 584, 412, 240, 68 (сравни «магический ряд цифр» А. В. Авдеева).

Нетрудно заметить, что между этими наборами датировок (основных вех) в истории развития Земли мало общего, хотя каждый из названных авторов приводит в подтверждение своей модели дан-

¹ Схожую картину цикличности истории Земли значительно ранее намечал С. Н. Бубнов, не привлекая, однако, для ее объяснения космических причин.

Рис. 5. Эпохи тектонической активности, выделяемые разными авторами

1 — тектонические эпохи; 2 — эпохи, выделенные С. Н. Бубновым и откорректированные по данным современной шкалы абсолютного возраста

ные о тектоно-магматических циклах, трансгрессиях и регрессиях и находит полное соответствие этих данных установленным им закономерностям.

Аналогичным дедуктивным подходом отличаются и построения О. Г. Сорохтина, который, однако, выводит низкочастотную тектоническую цикличность не из космогенных, а из эндогенных причин (рис. 5).

При конструировании своей циклической автогенераторной схемы этот исследователь исходит из следующих дискуссионных допущений:

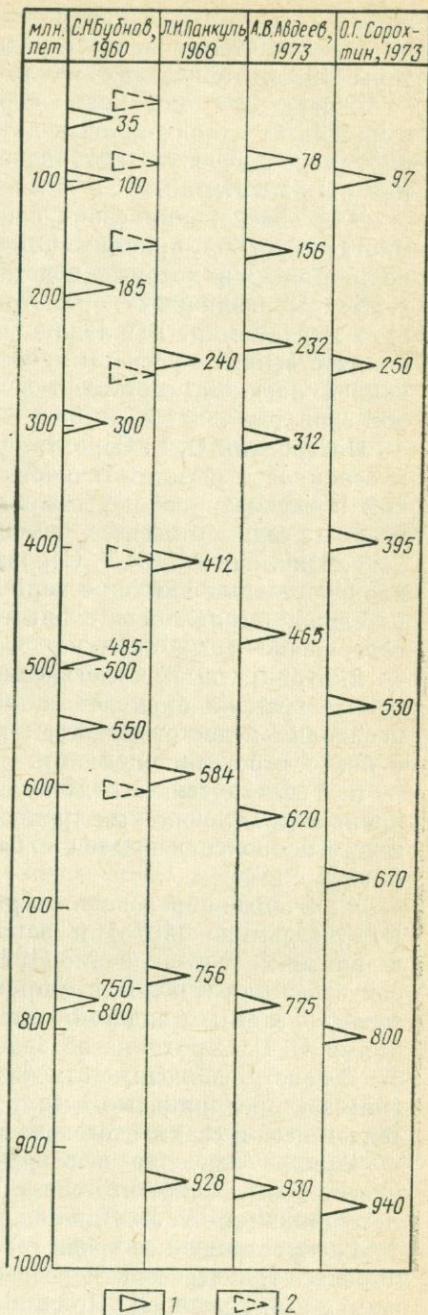
1) расслоение Земли на плотное ядро и оболочку могло произойти только за счет развития гравитационной конвекции в мантии;

2) фракционное разделение на границе мантия — ядро не превышает единиц процентов, что предопределяет медленный режим конвективных движений;

3) основной разогрев планеты происходит за счет гравитационной дифференциации ее вещества, а температуры современной мантии и первичной мантии весьма близки, т. е. генерация тепла и теплопотери примерно равновелики;

4) тектонические циклы совпадают с конвективными циклами в мантии;

5) для определения возраста тектонических циклов пригодны 247 определений возраста гранитоидов, выполненных рядом авторов



в 50—60-х годах свинцово-изотопным или рубидий-стронциевым методами, которые после осреднения рассматриваются как индикаторы 19 тектонических циклов;

6) действует механизм перестройки конвективных движений в мантии от одноячейстой к двуячейстой и обратно, который объясняет периодическую активизацию тектонической деятельности на поверхности Земли.

Для обоснования своих заключений О. Г. Сорохтин использует многие строгие и приближенные уравнения из термодинамики и гидродинамики, в которые подставляются ориентировочно оцененные величины различных параметров мантии, переходного слоя, внешнего ядра Земли. Выкладки О. Г. Сорохтина, не являясь точными количественными расчетами, обладают известной стройностью и внутренней логикой, составляя основу общей рабочей гипотезы этого исследователя.

Построения О. Г. Сорохтина помимо своей методологической дискусионности и гипотетичности основной цепи логических заключений в рассматриваемых нами здесь аспектах цикличности тектогенеза и седиментогенеза обладают существенными недостатками.

1. Цикличность О. Г. Сорохтина пригодна для объяснения только низкочастотных циклов с периодом примерно в 150 млн. лет, следовательно, цикличность с иными периодами может быть следствием совершенно иных причин.

2. Конкретные геологические следствия гипотезы О. Г. Сорохтина о времени проявления тектонической активности не обладают необходимой достоверностью, так как в 50% случаев не совпадают с более строгими оценками.

3. Геологические следствия гипотезы О. Г. Сорохтина о времени проявления глобальных трансгрессий в девоне и регрессий в перми и другие не согласуются с более строгими оценками (см. рис. 4 и главу IV).

4. Этапы образования гранитоидов (см. главу V), данные В. Г. Казьмина (1975) о закономерностях формирования рифтов и данные Г. Ф. Макаренко (1975) о развитии трапшового магматизма свидетельствуют о том, что протекание в течение фанерозоя явлений, тесно связанных с эндогенными процессами, не согласуется с построениями О. Г. Сорохтина об эндогенном режиме Земли.

В целом необходимо отметить, что интересные попытки широкого синтеза, предпринятые «дедуктивистами», в вопросах цикличности тектогенеза и седиментогенеза не согласуются друг с другом (рис. 5).

Важное значение в современных представлениях о явлениях цикличности седиментогенеза и тектогенеза имеют ряд докладов и публикаций А. Л. Яншина.

Распространенное среди геологов представление о наличии общемировых трансгрессий и регрессий А. Л. Яншин считает укоренившимся заблуждением. Причины его он видит в длительно существовавшем «европоцентризме», в дедуктивном подходе, в многократном повторении вывода, который начали некритически принимать «как непреложный факт». А. Л. Яншин полагает, что представления об

общемировых трансгрессиях и регрессиях развивались главным образом учеными-теоретиками или геологами «со сравнительно ограниченными масштабами собственных полевых наблюдений», на взгляды которых давящее влияние оказали лично изученные примеры.

Развенчание идей об общемировых трансгрессиях и регрессиях А. Л. Яншин стремится выполнить путем сопоставления режима трансгрессий и регрессий в течение фанерозоя на ряде хорошо изученных регионов. Сопоставив эти режимы и показав их асинхронность и несогласованность, А. Л. Яншин заключает: «Эпейрогенические кривые, построенные для разных частей суши нашей планеты по палеогеографическим картам, показывают, что сама идея эта (об общемировых трансгрессиях и регрессиях) надумана и совершенно неверна, что никаких мировых трансгрессий и регрессий... в действительности не было, что ход поднятий и опусканий различных крупных площадей земной поверхности совершенно различен» (А. Л. Яншин, 1973, стр. 27—28).

В основу выводов А. Л. Яншина положены палеогеографические атласы СССР, Северной и Южной Америки, Австралии и Японии и прилегающих территорий (суммарной площадью 74 млн. км²), по которым подсчитаны площади морского осадконакопления для каждой эпохи фанерозойской истории Земли. Отношение площади моря к общей территории исследованных континентальных блоков земной коры, выраженное в процентах, откладывается по оси ординат; по оси абсцисс откладывается время, выраженное в абсолютных единицах (млн. лет). Полученные кривые резко отличаются друг от друга (рис. 6, а). На кривой, отражающей ход трансгрессий и регрессий в западной части СССР, наблюдаются волны, соответствующие каледонской, герцинской и альпийской складчатостям.

Для восточной части СССР картина существенно иная — в среднем — верхнем кембрии, когда на западе СССР распространяется трансгрессия, на востоке СССР площади моря сокращаются; здесь не было также ни раннедевонской и раннепермской регрессии, ни визейской трансгрессии, которые весьма четко выявлены на западе нашей страны. Еще более резкое различие характерно для мезозойской и кайнозойской истории западной и восточной частей СССР.

На разнонаправленности движений применительно к Азии еще ранее акцентировал внимание В. М. Сеницын, который указывал, что «история палеогеографического развития Азии дает много примеров взаимно противоположной направленности движений западной и восточной окраин материка, проявляющейся... очень часто. Когда равнины Западной Сибири, Средней Азии и Ирана погружались и покрывались морем (карбон — нижняя пермь, юра, мел, палеоген), на восточной окраине континента... распространение моря было минимальным» (В. М. Сеницын, 1962, стр. 225).

Весьма значительны отличия в поведении кривых развития трансгрессий и регрессий для Южной и Северной Америки, Японии и Австралии. Из рис. 6, а отчетливо видно, что кривые регрессий и транс-

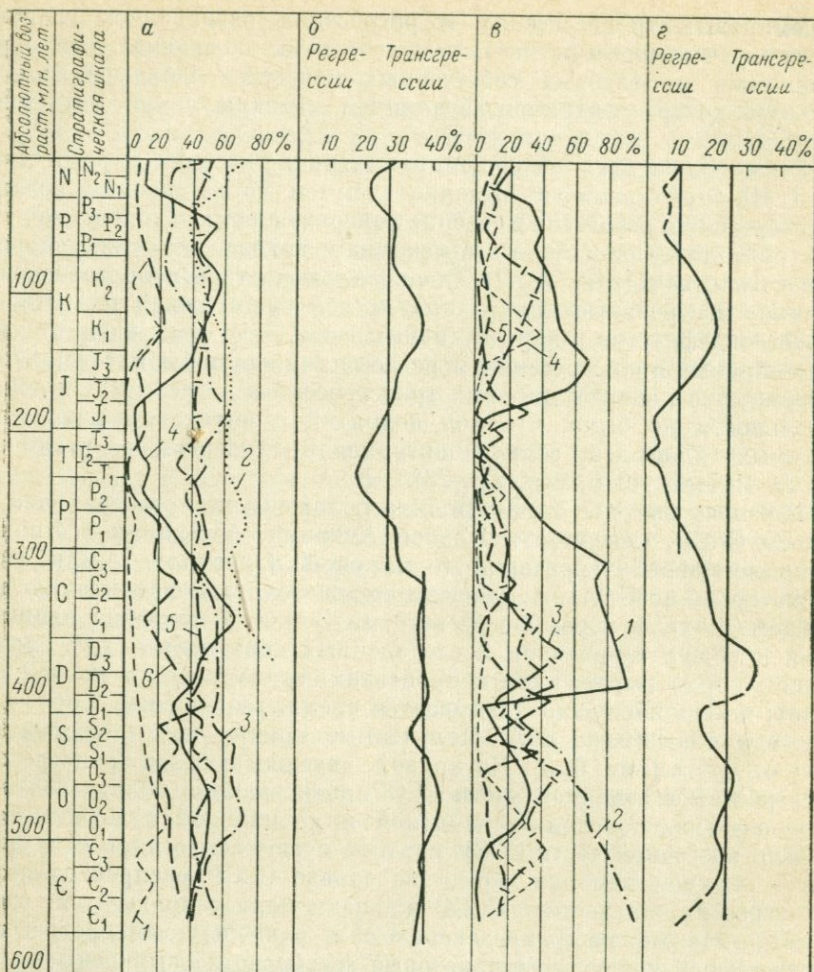


Рис. 6. Графики трансгрессий и регрессий в пределах континентального сектора Земли и отдельных его блоков

Кривые развития трансгрессий и регрессий (по А. Л. Яншину, 1973): а — на крупных блоках континентальной земной коры (1 — Австралия, 2 — Япония и прилегающие территории, 3 — восточная часть СССР, 3 — западная часть СССР, 5 — Северная Америка, 6 — Южная Америка), б — в пределах древних платформ (1 — Восточно-Европейская, 2 — Сибирская, 3 — Северо-Американская, 4 — Австралийская, 5 — Южно-Американская); изменения общей площади моря (кривые трансгрессий): б — на материках Северной и Южной Америки, Австралии и в пределах СССР, г — в пределах древних платформ (кроме Антарктиды)

грессий на различных регионах континентальной земной коры существенно различны.

Таким образом, палеогеографические карты, проанализированные А. Л. Яншиным, обнаруживают совершенно различный ход трансгрессий и регрессий в различных частях нашей планеты, что подтверждает, по его мнению, отсутствие общепланетарной периодичности в их проявлении.

Необходимо отметить, однако, что критика А. Л. Яншина направлена по существу не против общемировых трансгрессий и регрессий, она лишь опровергает одновременность и однозначность ундаций всех материков. А. Л. Яншин отвергает общемировые трансгрессии не как вероятное, осредненно-статистическое явление, а как явление абсолютное и буквальное, строго синхронное и повсеместное. Сопоставление эпейрогенических кривых А. Л. Яншина, приведенных на рис. 6, а, развенчивает именно такую широко распространенную крайне метафизическую абстракцию.

Если просуммировать приведенные А. Л. Яншиным эпейрогенические кривые, перейдя от относительных долей к физическим измерениям площадей, то полученная суммарная кривая, построенная нами по материалам А. Л. Яншина (рис. 6, б), позволит заключить, что для рассматриваемых им территорий может быть намечена общая регрессия в неогене и триасе и трансгрессия с максимумом в раннем мелу.

Не касаясь здесь вопросов точности выделения трансгрессий и регрессий, достаточности и репрезентативности использованных А. Л. Яншиным данных (так как этому вопросу мы уделим внимание в главе IV), уместно отметить, что если понимать общемировые ундации как осредненные тенденции, то проведенная нами простая обработка использованных А. Л. Яншиным данных, отображенная на рис. 6, б, совершенно недвусмысленно подтверждает наличие трансгрессий и регрессий на рассмотренной этим ученым совокупности континентальных массивов.

Исследуя далее вопрос о наличии общих закономерностей в развитии вертикальных движений блоков континентальной земной коры, А. Л. Яншин анализирует развитие трансгрессий и регрессий в пределах древних платформ с дорифейским складчатым фундаментом. Кривые распространения моря на территории пяти древних платформ (рис. 6, в) отражают, по мнению А. Л. Яншина, общие закономерности в распространении трансгрессий и регрессий. Наиболее интенсивные эпохи осушения древних платформ фиксируются в триасе и миоцене, когда все пять древних платформ выступали из-под уровня моря на значительной части своей территории¹. Менее значительная, хотя и весьма отчетливая регрессия намечается в начале среднего палеозоя (в силуре — раннем девоне), которая фиксируется во всех северных платформах и в Австралии, и лишь в Южной Америке в раннем силуре и раннем девоне фиксируются крупные трансгрессии, разделенные регрессией среднего силура.

Подводя итог изложению взглядов А. Л. Яншина, можно сформулировать основные его выводы следующим образом.

1. Общеземная цикличность трансгрессий и регрессий не наблюдается.

2. Взаимосвязь и взаимообусловленность тектонических и седиментологических процессов в масштабе Земного шара не установлена,

¹ На составленном нами суммарном графике прогибаний древних платформ (рис. 6, в) отчетливо видно, что регрессия на древних платформах охватывала весь триас и раннюю юру, а также практически весь кайнозой.

хотя, возможно, и существуют какие-то общие закономерности разнонаправленных вертикальных движений блоков континентальной земной коры.

3. В развитии пяти древних платформ фиксируется периодичность трансгрессий и регрессий, связанная с каледонским, герцинским и альпийским тектогенезом в смежных с ними геосинклинальных системах.

Заметным событием в изучении проблемы цикличности является монография И. А. Одесского «Волновые движения земной коры» (1972), в которой значительное внимание уделено обоснованию цикличности тектонических движений в мезозое и кайнозое. Автор применяет количественно охарактеризованную методику для анализа тектонического развития территории. Исходя из допущения, что изменение размера обломочных компонентов от глинистых частиц до галечников отражает изменение динамической активности среды седиментации, И. А. Одесский за основу анализа берет данные о гранулометрическом составе пород в исследуемых разрезах. Каждому литологическому типу породы присвоено кодовое число, отображающее напряженность динамической активности седиментогенеза. Наименьшие значения чисел кодового ряда отвечают хемогенным породам (известнякам, мелу, доломитам), отсутствие терригенных примесей в которых отражает слабую подвижность среды их накопления в условиях значительных глубин бассейнов. Максимальные кодовые значения приписаны галечникам и перерывам в осадконакоплении, отражающим высшую степень подвижности среды седиментогенеза.

Запись конкретного разреза в виде кодовых чисел, отнесенных к абсолютному возрасту соответствующих слоев разреза, позволяет методом гармонического анализа простого обзора числовых совокупностей разложить сложную периодическую кривую колебательных тектонических движений на спектр составляющих ее гармоник.

Предложенный метод анализа автор называет спектрально-тектоническим. Анализу подвергнуто 49 сводных геологических разрезов и многочисленные разрезы опорных скважин мезозойских и кайнозойских отложений Западной Сибири, Казахстана, Средней Азии, Кавказа и Крыма. Вычислениями И. А. Одесского установлены циклы с периодами 8—13, 17—22, 29—35, 39—45, 51—57, 61—66 млн. лет. Значение этих циклов не равнозначно. И. А. Одесский приходит к заключению о главенствующей роли в формировании палеогеографических черт регионов цикличности с периодами 30—45 млн. лет, или, точнее, двух циклов, попадающих в этот интервал: 29—35 и 39—45 млн. лет. Цикличность с периодом 39—45 млн. лет является критической при выяснении роли литологических индикаторов тектонической активности. При цикличности с большими периодами эти индикаторы становятся невыразительными. Циклы с более высокой частотой периодичности (особенно цикл с периодом 8—13 млн. лет) оказывают значительно меньшее влияние на изменение характера осадконакопления и общий ход колебательных движений.

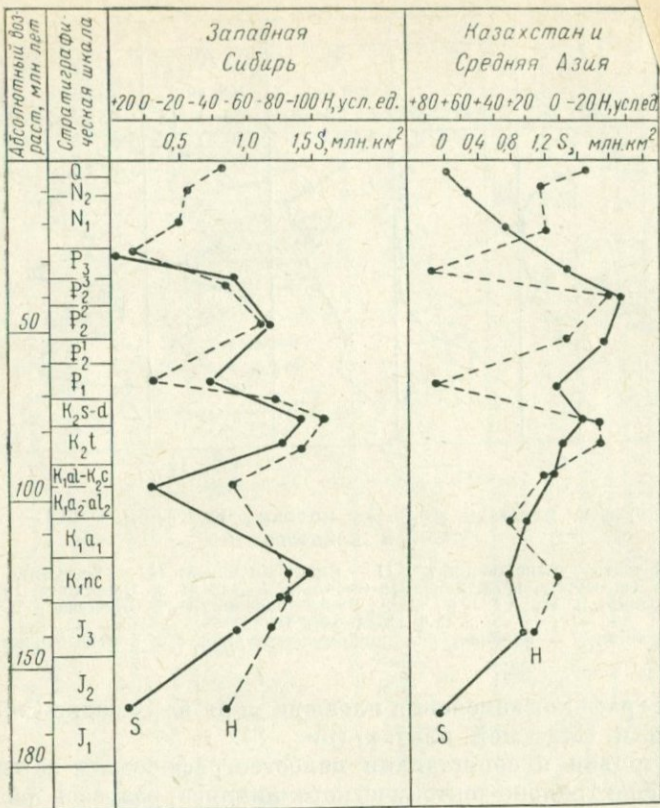


Рис. 7. Сопоставление амплитуд вертикальных движений земной коры (H) и площадей морского осадконакопления (S) в пределах Западно-Сибирской и Скифско-Туранской плит (по И. А. Одесскому, 1972)

Сопоставление материалов по Западной Сибири, Казахстану и Средней Азии позволило установить общность в истории геологического развития этих территорий (рис. 7). Эпохи максимального погружения приходятся на всей этой обширной территории на одинаковые интервалы стратиграфической шкалы: неоком, турон — кампан и средний — поздний эоцен.

Этот вывод И. А. Одесского не вполне точен, так как трансгрессии в неокоме, захватившей значительную территорию Западной Сибири, в пределах Казахстана и Средней Азии соответствует частичная регрессия, а этапу развития на Скифско-Туранской плите трансгрессии в конце раннего мела соответствует период значительного осушения Западно-Сибирской низменности (площадь морского осадконакопления сократилась почти в 4 раза по сравнению с неокомской трансгрессией).

Неодновременность развития трансгрессий на молодых платформах СССР в мезозое и кайнозое отчетливо проявляется при

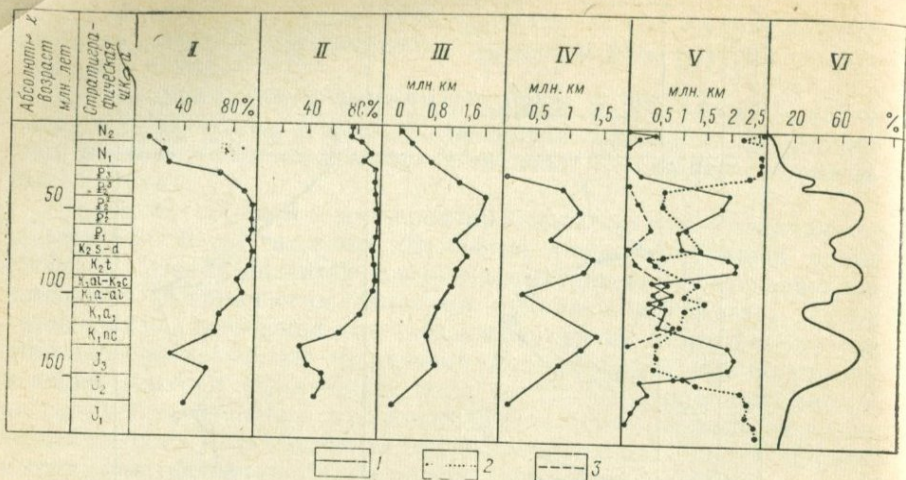


Рис. 8. Изменение площади моря на молодых платформах СССР в мезозое и кайнозое

I — западная часть Туранской плиты; II — Скифская плита; III — Казахстан и Средняя Азия по И. А. Одесскому, 1972; IV — по И. А. Одесскому, 1972, V — по Ю. Н. Карагодину, 1974, VI — по А. А. Булыниковой, Ю. В. Брадучан, Г. С. Ясевич, С. Б. Шацкому, 1974.

Отложения: 1 — морские, 2 — прибрежно-морские, 3 — континентальные

сравнении графиков изменения площади моря на Западно-Сибирской, Туранской и Скифской плитах (рис. 8).

Рассматривая и сопоставляя палеогеографические карты и результаты спектрально-тектонического анализа разрезов различных зон указанной территории азиатской части СССР, И. А. Одесский приходит к выводу о протекании волновых тектонических движений таким образом, что широтные волны мигрируют в северном, а меридиональные — в восточном направлениях. Каждый выявленный цикл характеризуется своим размером волн, возрастающим от высокочастотных к среднечастотным циклам (табл. 1).

На основании рассмотренных материалов И. А. Одесский приходит к выводу о существовании прогрессивно-волновых движений

Таблица 1
Ширина тектонических волн различных циклов

Продолжительность цикла, млн. лет	Широтные волны		Меридиональные волны	
	угловые единицы	линейные единицы, км	угловые единицы	линейные единицы, км
8—13	3° 20'	300—340	6° 30'	400—500
17—22	6°	500—560	13°	600—750
29—35	9°	800—900	19°	800—1000
39—45	12°	1200—1350	23°	1200—1450

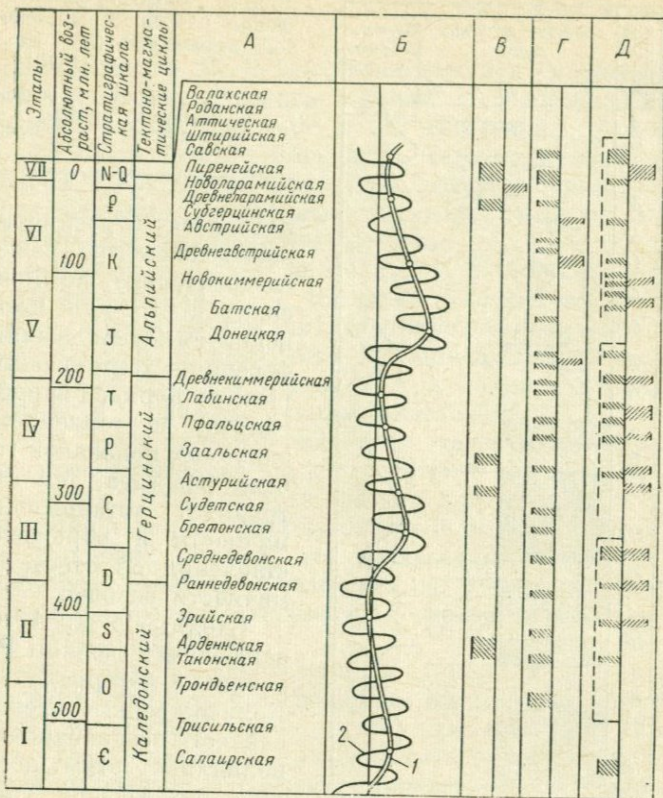


Рис. 9. Схема эволюции Кавказа (по Р. О. Радкевич, 1974)

А — тектонические фазы; Б — эволюция осадконакопления в пределах Большого Кавказа: 1 — изменение мощности осадков, 2 — изменение знака движения (максимумы — отложения конгломератов, минимумы — формирование рифовых известняков); В — молассы; Г — конгломераты; Д — рифовые и органогенные известняки (в графах В, Г, Д справа от осевой линии — Большой Кавказ, слева — Малый Кавказ)

земной коры, обуславливающих циклическое строение геологических разрезов. Наряду с циклами длительностью 8—13, 17—22, 29—35 и 39—45 млн. лет путем экстраполяции выделяются циклы 2, 3, 5, 51—57, 61—66 млн. лет. Таким образом, устанавливается сложный спектр циклов, каждому из которых соответствует определенная величина тектонических волн, закономерно возрастающая при переходе от высокочастотных циклов к среднечастотным.

Тектоническая циклическость Земли, по И. А. Одесскому, имеет стационарный характер. Причину волновых деформаций земной коры этот автор видит в ротационном режиме Земли, представляющем собой попеременное замедление и ускорение ее вращения. Исходя из этих представлений, И. А. Одесский считает, что движение земной коры осуществляется по принципу бегущей волны, поэтому в один и тот же момент различные точки земной поверхности

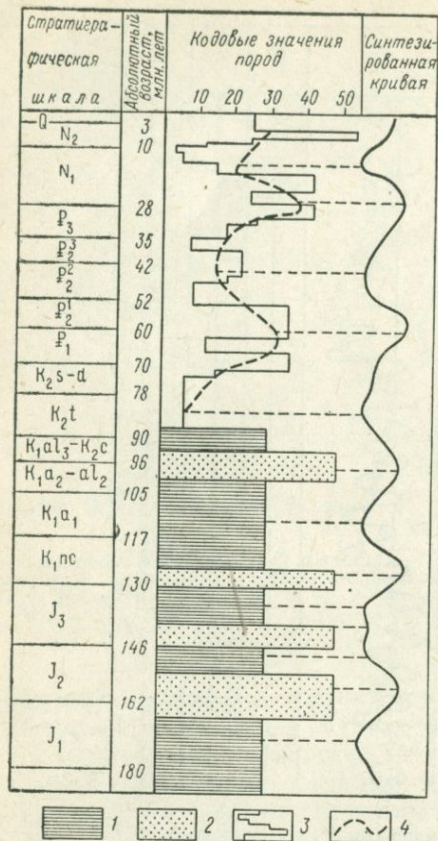


Рис. 10. Синтезированный геологический разрез Джанкойской опорной скважины (по И. А. Одесскому, 1972)

Этапы развития: 1 — трансгрессивный, 2 — регрессивный; кривые: 3 — исходная периодическая, 4 — сглаженная

находятся в различных фазах колебательного режима, и, следовательно, не может быть синхронного для всей Земли поднятия или опускания. Интерференция тектонических волн разного порядка нарушает правильную повторяемость анализируемых признаков геологических разрезов, тем самым затрудняет установление ритмичности и порождает представления об отсутствии ритмичности вообще.

Сходные с И. А. Одесским заключения сделаны Р. О. Радкевич по материалам Кавказа. Количественные оценки интенсивности осадконакопления выполнялись этим исследователем по весьма упрощенной схеме. Для определения интенсивности движений в течение геологических периодов использовались максимальные мощности соответствующих отложений. Для более мелких интервалов времени применен другой подход: эпохи поднятий (регрессий) оценивались по появлению в разрезе конгломератов, а эпохи трансгрессий — по появлению рифовых известняков. Такими приемами была построена синусоида колебательных движений, наложенная на более плавную кривую изменения мощности осадков (рис. 9).

Несовершенство формальной методической основы работы И. А. Одесского показано А. Б. Вистелиусом (1975). Кроме того, отметим следующие недостатки построений И. А. Одесского.

1. Методика построения синтезированных кривых И. А. Одесского, как и некоторые другие его операции, перенасыщена элементами экстраполяции. На рис. 10 приведен пример так называемого синтезированного геологического разреза Джанкойской опорной скважины. Скважина вскрыла лишь туронские отложения, остальная часть разреза вплоть до триаса вместе с квазигармонической кривой кодированного литологического состава синтезирована автором, т. е., попросту говоря, ориентировочно нарисована. Пред-

ставляется, что всякий исследователь, знакомый с практикой поисково-разведочных работ, знает, сколь субъективны и ненадежны подобные экстраполяции.

2. В распоряжении И. А. Одесского имелись сравнительно малочисленные материалы, главным образом по мезозойско-кайнозойским разрезам молодых платформ СССР. Допуская, что результаты выполненного здесь анализа корректны, нельзя согласиться с попыткой автора придать полученным им выводам общемировое значение, распространяя намеченные закономерности на более длительные интервалы геологической истории.

3. Рассматривая волновые колебания в отрыве от складчатых и разрывных дислокаций, И. А. Одесский по существу анализирует лишь некоторую компоненту единого природного явления. Однако эта компонента у И. А. Одесского приобретает характер главной и чуть ли не единственной причины, при помощи которой автор пытается вывести различные законы тектогенеза.

4. Сведение всего многообразия форм тектонических движений к колебательным движениям не согласуется с данными по разрывным дислокациям, роль которых весьма значительна в развитии структуры земной коры. Используемый метод статистического осреднения приводит к тому, что контрастные структурные элементы (глубинные разломы и более мелкие разрывные нарушения) выпадают из поля зрения, «оказываются утраченными», как подчеркивает сам И. А. Одесский.

Не касаясь других дискуссионных моментов в построениях И. А. Одесского, отметим, что сделанные им выводы, по-видимому, справедливы, по крайней мере для молодых платформ СССР.

Учитывая главенствующую роль колебательных движений в эволюции осадконакопления, следует признать, что не может быть одновременных для всей поверхности Земли трансгрессий и регрессий: для части точек земной поверхности, находящихся в фазах подъема, характерна регрессия, для других точек — в фазах прогибания волн — трансгрессия.

Интерференция волн различного порядка и различной длительности формирования резко осложняет выявление цикличности осадконакопления и нередко приводит к неправильному заключению об отсутствии цикличности вообще.

Резюмируя современные взгляды на проблему цикличности тектонических и седиментологических процессов, при всем разнообразии подходов, выводов и заключений, демонстрируемом различными исследователями, можно сделать следующие общие выводы.

1. Представления о ритмичности вертикальных колебательных движений и их тесной связи с местными трансгрессиями и регрессиями, с местными закономерными ритмичными изменениями литогенеза получили общее признание, подтверждены практикой поисково-разведочных работ и могут рассматриваться как геологический закон для локального и регионального уровня организации вещества.

2. В представлениях о существовании общемировых фаз и эпох повышенной тектонической активности, общемировых трансгрессий и регрессий отчетливо выделяются две диаметрально противоположные точки зрения: первая, большая, группа исследователей признает наличие глобальной цикличности тектогенеза и седиментации, а другая — решительно отвергает общемировые фазы и эпохи складчатости, трансгрессии и регрессии.

3. Подавляющее большинство исследователей первой группы признает наличие тесной связи между циклами трансгрессий — регрессий и тектоническими циклами. Наряду с последователями правила Э. Ога — орогенез и регрессии в геосинклиналях синхронны трансгрессиям на смежных платформах, значительное большинство исследователей поддерживает правило Г. Штилле — А. Д. Архангельского — орогенез и регрессии в геосинклиналях синхронны регрессиям на смежных платформах.

4. Сторонники наличия цикличности трансгрессий и регрессий не выработали единой точки зрения об их числе в фанерозойской истории Земли и характере протекания движений, о числе элементов в цикле. Отмечается тенденция более продолжительными считать трансгрессии, разделяемые на несколько фаз. Все исследователи выделяют в средней части цикла фазу дифференциации.

5. Сторонники наличия тектонической цикличности едины в признании тектонических циклов в фанерозое длительностью 150—200 млн. лет. Признание тектонических эпох может рассматриваться как набирающая силу тенденция; признание общемирового характера кратковременных тектонических фаз пока еще имеет значительное распространение, но число его сторонников постепенно сокращается.

6. Причины среднечастотной цикличности с периодом 40 млн. лет и более большинство исследователей связывают с космогенными факторами, с особенностями движения Солнечной системы в Галактике; имеются попытки низкочастотную цикличность с периодом 150—200 млн. лет объяснить эндогенным режимом Земли; цикличность с менее продолжительными периодами обычно объясняют ротационным режимом в системе Солнце — Земля — Луна и осцилляционными колебаниями Земли.

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ЦИКЛИЧНОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Тектонические движения характеризуются многообразными проявлениями в деформациях Земли, их результатом являются прогибания поверхности твердой оболочки Земли и накопление мощных толщ осадочных отложений, поднятия и возникновение гор, смятие слоев горных пород в складки, дробление их разломами и ряд иных процессов. Несмотря на длительность изучения тектонических движений их классификация остается неразработанной, а причины этих движений, источник вызывающих их сил служат предметом дискуссий, то затухающих, то бурно вспыхивающих вновь. Судить о траекториях и скоростях движений геологического прошлого по их разнообразным проявлениям в различных районах можно лишь очень приближенно и далеко не однозначно.

Оценивая существующие возможности решения этой проблемы, Ю. А. Косыгин пишет: «В лучшем случае наши суждения могут касаться вертикально нисходящей, вертикально восходящей и горизонтальной компонент движения» (1969, стр. 512). Следует подчеркнуть, что в рассматриваемой нами проблеме необходимо по сумме этих компонент оценить как минимум изменчивость полного вектора тектонических движений и закономерности изменений их суммарной величины во времени.

Закономерности глобальной тектонической цикличности, постулировавшиеся по наблюдениям на отдельных материках или регионах, намечаемые из дедуктивных соображений, конечно, всегда рассматривались как некоторые рабочие гипотезы, ожидающие своей проверки по материалам наблюдений. Очевидно, что глобальные закономерности могут быть подлинно познаны только по представительным данным, характеризующим всю Землю в целом. Долгое время такому решению проблемы мешала недостаточная геологическая изученность многих районов суши. Значительную трудность представляла и сама сводка фактического материала по всей планете. На протяжении десятилетий исследования в этом направлении проводил Г. Штилле, который надеялся, что ему посчастливится довести до определенного предварительного завершения и опубликования материал, критически рассмотренный и охватывающий обширнейшие районы Земли, возможно, даже всю Землю. Этой надежде Г. Штилле не суждено было сбыться, хотя ему удалось изучить и описать тектонику Европы, Северной и Южной Америки, части Тихоокеанского кольца. До последнего времени никто из исследователей не пытался решить задачу такого масштаба, хотя появилось большое число региональных тектонических сводок

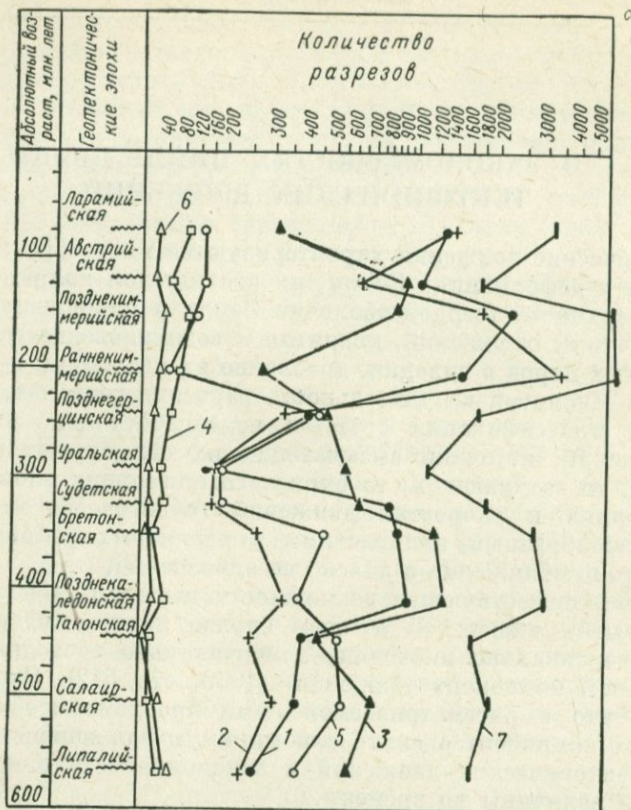


Рис. 11. Количество изученных разрезов на отдельных континентах и в пределах континентального сектора Земли в целом

1 — Европа; 2 — Азия; 3 — Северная Америка; 4 — Южная Америка; 5 — Африка; 6 — Австралия; 7 — континентальный сектор в целом

и почти на всех материках были выполнены обширные геологические исследования.

Смелую попытку обобщить имеющиеся материалы по цикличности и синхронизму тектонических движений всех материков предпринял в конце 60-х — начале 70-х годов А. А. Пронин, опубликовавший четыре монографии и ряд статей, в которых исследована хронология тектонических движений фанерозоя. Он обобщил материалы более 5000 опубликованных работ, объемлющих огромную информацию по всем материкам, частично включая даже Антарктиду. По каждому из рассматриваемых интервалов фанерозойского времени А. А. Прониным обобщено от 1000 до 5000 разрезов и более (рис. 11) ¹.

¹ Подробное, критическое рассмотрение обобщений А. А. Пронина опубликовано в работе авторов данной монографии («Бюлл. МОИП, геол.», 1976, № 3, с. 5—27). Здесь мы приводим лишь краткие выводы этого рассмотрения.

Принципиально важным является вопрос о том, что принимается за меру тектонических движений, по каким критериям оцениваются их интенсивность. Поскольку классификация тектонических движений не может считаться разработанной, то обычно оценивают их суммарный эффект. За мерило величины тектонических движений, вероятно, нужно в общем случае принимать произведение перемещаемых масс на расстояние перемещения, т. е. работу тектонических сил. Очевидно, в каждом конкретном случае в расчет могут приниматься работа по преодолению сил тяготения, трения и сцепления при деформациях, выделение тепла и метаморфизационные эффекты. Однако методология таких оценок не создана, их использование не практикуется.

В исследованиях Г. Штилле и многих других тектонистов главным критерием проявления тектонических, орогенических, складкообразовательных сил служило выделение угловых несогласий, величина которых использовалась как мера интенсивности движений.

Однако огромные площади платформ, осадочный чехол которых дислоцирован несущественно, мало пригодны для изучения угловых несогласий, так как вообще углы наклона в платформенном чехле обычно не превышают $1-2^\circ$ и оцениваются с высокой относительной погрешностью. Интенсивность тектонических движений на платформах может быть определена по величинам погружений, оцениваемым по мощностям толщ, накопившихся за анализируемый интервал времени. Интенсивность прогибаний платформенных территорий нередко рассматривается как критерий их тектонической подвижности. Однако Н. С. Шатский считал необходимым при изучении тектонических движений платформ проводить четкое разграничение между движениями прогибания, оседания (субсидентными), которые рассматривались им как специфическое явление типа всасывания земной коры в связи с какими-то неясными процессами в мантии¹, и движениями поднятий, связанными с эндогенными силами и с вероятной миграцией вещества вверх. Методы изучения интенсивности таких движений, особенно в глобальных масштабах, остаются неразработанными. Насколько нам известно, ни для одного материка не составлены статистические достоверные графики тектонических движений, которые отображали бы характер их поднятий в фанерозое.

А. А. Пронин поставил себе задачу «дать по возможности объективную количественную оценку имеющихся в литературе данных об эрозионных и угловых несогласиях, наиболее бесспорно документирующих последовательность во времени абсолютных поднятий и погружений земной коры и ее складкообразующих движений» (1969, стр. 4).

Можно отметить, что с точки зрения общих принципов методики анализа тектонических движений приемы, используемые А. А. Прониным, выглядят достаточно простыми и логичными.

¹ В настоящее время уместно говорить об изостатическом погружении в связи с разуплотнением астеносферы или погружении в связи с оттоком астеносферного вещества.

Для учета интенсивности нисходящих компонент тектонических движений на платформах наиболее эффективными являются методы оценки мощностей (а также фаций), идея которых была высказана Г. Штилле, но наиболее полно которые были разработаны В. В. Белоусовым и В. Е. Хаином, а в последние годы — Р. Г. Гарецким, А. Л. Яншиным и др. Дальнейшим усовершенствованием такого подхода является объемный метод, разработанный и примененный А. Б. Роновым и В. Е. Хаином. Рассмотрение закономерностей тектонических движений, проявляющихся в цикличности седиментогенеза, трансгрессий и регрессий, проводится нами в главе IV.

При изучении интенсивности восходящих тектонических движений в качестве мерила для оценки тектонической активности сравнительно широко используют региональные несогласия в осадочной толще, отчетливые перерывы осадконакопления в зонах устойчивой прогибаний. Такие несогласия по оценке В. И. Попова приурочены к интервалам времени усиления амплитуды и частоты вертикальных поднятий. В. Е. Хаин, А. Джанелидзе и другие исследователи также параллелизуют усиление складкообразования и общих воздыманий. Подчеркивая, что анализу перерывов и несогласий принадлежит важное место в общем комплексе способов изучения истории тектонических движений, В. Е. Хаин пишет: «Особые условия складываются в тех отнюдь нередких случаях, когда общие погружения на некоторое время сменяются общими поднятиями, а затем снова возобновляются. В геологическом разрезе подобный ход событий отмечается перерывом в накоплении осадков, пробелом в последовательности отложений, ...есть все основания полагать, что с моментами усиления восходящих движений, проявляющихся в региональных перерывах, связаны и фазы перестройки тектонического плана» (1964, стр. 134).

Рассматривая характер движений в течение перерывов, В. Е. Хаин выделяет несколько разновидностей эрозионных несогласий, типичных для различных зон бассейнов осадконакопления. Сходная оценка роли перерывов и несогласий дается И. И. Потаповым (1964).

Таким образом, А. А. Пронин, анализируя угловые и эрозионные несогласия на территории континентального блока Земли, впервые реализовал в глобальном масштабе методы и приемы изучения активности тектонических движений, широко апробированные на материалах различных регионов и описываемые как весьма ценные в современных руководствах по геотектонике (В. В. Белоусов, Ю. А. Косыгин, И. И. Потапов, В. Е. Хаин). Исследования А. А. Пронина по статистике угловых и эрозионных несогласий нацелены на изучение двух важнейших компонент тектонических движений, связанных с перемещениями по горизонтали и вертикально вверх вещества твердой оболочки Земли.

Важнейшей особенностью методики изучения тектонических движений, использованной А. А. Прониным, является совместный учет перерывов в осадконакоплении морских отложений на платформах и угловых несогласий, распространенных наряду с эрозионными преимущественно в геосинклинальных областях. Тем самым дости-

гаются широкий охват всех категорий структур континентов, синхронизация и анализ тектонических поднятий платформ, обусловленных вертикальными перемещениями вверх, и складкообразовательных движений в геосинклиналях, вызванных преимущественно горизонтальными силами. Таким образом, суммарный параметр тектонической активности, в котором в качестве равноправных слагаемых выступают и эрозионные перерывы платформенных разрывов, и угловые несогласия геосинклинальных областей, является серьезным методическим нововведением А. А. Пронина, отражающим синтез горизонтальных и вертикальных вверх движений, в совокупности обуславливающих тектогенез.

А. А. Пронин практически не приводит критического анализа использованных литературных материалов; он полагает, что статистическое среднее из множества фактов, данных и выводов является лучшим критерием истинности. Он как бы собирает мнения различных специалистов, опубликованные в литературе за последние 10—20 лет (до 1967 г.), и проводит «голосование»: столько-то «за», столько-то «против». Вероятно, трудно предложить иной путь обработки массовой информации, за которую смело взялся один автор.

Однако каждый, хотя бы частично знакомый с историей науки, знает, насколько распространенными бывают заблуждения и как слабы и малочисленны, особенно в момент зарождения новой истины, ее сторонники, как долог ее путь к широкому признанию. Так же и арифметическая обработка массивов больших чисел, выходящая за пределы достоверности заключений А. А. Пронина, вероятно, исключает, как малопредставительные, многие новые идеи и выводы. Поэтому выводы этого автора в немалой степени ретроспективны и скорее всего отражают уровень информации на начало 60-х — конец 50-х годов. Вероятно, преодоление этого недостатка станет возможным лишь при более широкой формализации геологических понятий и их статистической обработке с использованием ЭВМ.

Критические замечания к методике А. А. Пронина отнюдь не снижают значимости проделанной этим исследователем огромной работы, которая в настоящее время, несомненно, является самым совершенным синтезом данных об истории тектонических движений на площади суши. Это исследование, на наш взгляд, по объему использованной информации, по широте методического подхода, по достоверности и относительной строгости обработки данных не с чем сопоставить. Поэтому результаты исследований А. А. Пронина обязательно должны быть положены в основу современных представлений о закономерностях изменения интенсивности тектонических движений.

Рассматривая полученные А. А. Прониным статистические данные о распределении угловых и эрозионных несогласий, следует сосредоточить внимание на двух вопросах.

1. Имеется ли среднечастотная цикличность тектонических движений, каковы ее закономерности и насколько убедительно они аргументированы?

2. Имеется ли низкочастотная цикличность тектонических движений, какими материалами и насколько убедительно она подтверждается или опровергается?

§ 1. О СРЕДНЕЧАСТОТНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Определенный итог дискуссии о масштабах и формах проявления тектонической цикличности может быть подведен на основе материалов статистического анализа, предпринятого А. А. Прониным.

Его обобщения показали, что все выделяемые Г. Штилле по угловым несогласиям фазы складчатости действительно существуют, однако глобальный характер их проявления ныне может быть аргументированно отвергнут. Уверенно и надежно устанавливается наличие изменений во времени интенсивности тектонических процессов, проявляющихся схематизированно в форме неравномерной двухтактной цикличности.

Рассмотрим на основании материалов, собранных А. А. Прониным, общую продолжительность эпох тектонической активности и относительного тектонического покоя в фанерозое, а также справедливость представлений об убыстрении тектонической цикличности от докембрия к кайнозой.

В работах А. А. Проина (1969, 1973) приводятся некоторые нестрогие и частично противоречивые оценки, однако А. А. Пронин приходит к уверенно обоснованному выводу, что никакого убыстрения тектонической жизни в фанерозое наметить нельзя. Однако, по его заключению, суммарная продолжительность тектонически активных эпох отличается от продолжительности эпох относительного покоя в 1,5 раза.

В табл. 2 приведены стратиграфические границы тектонических эпох и составляющие их фазы по А. А. Пронину, а геохронологические границы эпох и разделяющие их интервалы относительного тектонического покоя даются в нашей интерпретации, согласно современным представлениям о геохронологической шкале.

С учетом точности радиометрических и биостратиграфических датировок можно заключить, что общая суммарная продолжительность относительно мобильных эпох в фанерозое составляет 270—290 млн. лет, т. е. она лишь незначительно меньше суммарной продолжительности эпох относительного покоя. Длительность смежных эпох разного знака может отличаться в 2—3 раза, причем не обнаруживается какой-либо отчетливой монотонной тенденции изменения длительности тектонических эпох в фанерозое.

Для 11 наиболее достоверно выделяемых эпох тектонической активности (от салаирской до ларамийской) суммарная длительность составляет 231 млн. лет, т. е. в среднем 21 млн. лет на одну эпоху, при вариациях для 10 эпох от 15 до 25 млн. лет.

Для 11 смежных эпох относительного тектонического покоя общая суммарная длительность составляет 254 млн. лет, т. е. в среднем 23 млн. лет на одну эпоху, при вариациях для 10 эпох от 12 до

30 млн. лет. Следовательно, выводы А. А. Пронина о существенно большей продолжительности эпох относительного тектонического покоя не могут быть поддержаны и не согласуются с приводимым им фактическим материалом. С учетом вероятной точности датировок длительность тектонических эпох относительной активности и покоя должна быть признана приближенно равновеликой.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что выделяемые А. А. Прониным для фанерозоя тектонические эпохи отображают примерно равномерную среднечастотную тектоническую цикличность, установленную вполне убедительно на основании обобщения всей совокупности данных и с использованием всех основных приемов анализа, накопленных современной наукой.

В течение фанерозоя за неравные интервалы времени, варьирующие в пределах 30—50 млн. лет, происходит выделение примерно равных порций тектонической энергии. При этом ни одна из тектонических эпох не превышает какую-либо другую по интенсивности более чем в 1,3 раза, а большинство тектонических эпох практически равнозначны по интенсивности. Тем самым становится очевидным неприемлемость выделения каких-либо «главных», или «основных», тектонических эпох.

Усилившееся в последние годы внимание к изучению структур рифтогенного происхождения привело к появлению нескольких обобщающих работ В. Г. Казьмина (1975), Е. Е. Милановского (1974, 1975), Г. Ф. Макаренко (1974), хорошо согласующихся друг с другом в вопросах датировки проявлений рифтогенеза. Наиболее полно данные о периодичности глобальных проявлений рифтогенеза систематизированы В. Г. Казьминым. В табл. 3 приведены данные В. Г. Казьмина в сопоставлении с эпохами повышенной тектонической активности, выделенными А. А. Прониным.

Более ранние проявления рифтогенеза, известные для палеозоя в Байкальской, Северо-Атлантической, Рейнско-Норвежской и других рифтовых системах, задокументированы недостаточно полно и не могут служить основанием для общеземных синтетических заключений.

Рассматривая закономерности проявления рифтогенеза в позднем палеозое и мезозое — кайнозое, легко заметить, что эпохи рифтогенеза вполне надежно коррелируются с эпохами тектонической активности, исключая современную позднеальпийскую (табл. 2). В. Г. Казьмин подчеркивает быстрый, «катастрофический» характер протекания рифтогенеза в отдельных рифтовых зонах, однако длительность выделяемых им эпох рифтогенеза 5—10 млн. лет, что, возможно, обусловлено несовершенством датировок.

Эпохи рифтогенеза не совпадают полностью с тектонически активными эпохами, а приурочены к их начальным фазам или непосредственно предшествуют мобильным эпохам. Весьма вероятно, что отмеченная последовательность отражает важную закономерность тектонического процесса, активизация которого начинается с дезинтеграционных растягивающих движений рифтогенеза и

Характеристика выделенных А. А. Прони

Наименование эпохи тектонической активности	Стратиграфические границы эпохи тектонической активности	Границы эпохи тектонической активности по современной геологической шкале, млн. лет	Длительность эпохи тектонической активности, млн. лет
Позднебайкальская или липалийская	От позднего докембрия до раннего кембрия	590—555	35
Салапрская	От позднего кембрия по арденский век ордовика	515—480	35
Таконская	От ашгильского века по ландоверский век силура	440—425	15
Позднекаледонская	От границы раннего — позднего лудловского века до эйфельского	410—385	25
Бретонская	От второй половины фаменского века по начало визейского века	355—340	15
Судетская	От начала намюрского века по начало московского века	328—310	18
Уральская	От оренбургского века до начала артинского века	290—272	18
Позднегерцинская	От начала поздней перми по конец раннего триаса	245—220	25
Раннекимммерийская	От начала рэтского века до конца ранней юры	200—180	20
Позднекимммерийская	От начала титонского века до конца готеривского	150—130	20
Австрийская	От начала альбского века до середины туронского	115—95	20
Ларамийская	От маастрихтского века до конца раннего эоцена	70—50	20
Позднеальпийская	С начала миоцена поныне	25—0	25

затем продолжается в виде дифференцированных движений блоков различного порядка.

Данные о закономерной периодичности рифтогенеза принадлежат к независимому массиву информации, почти совершенно не использованному А. А. Прониным при выделении тектонических эпох. Особое значение имеет то обстоятельство, что закономерности рифтогенеза изучены как на континентальных, так и на океанических

ным эпох тектонической активности

Длительность последующей эпохи относительного покоя, млн. лет	Число фаз, включаемых в эпоху	Наиболее интенсивная фаза	Примечания
40	?	—	Выделение липалийской эпохи и ее границ обосновано наименее убедительно
40	≤15	В Северной Америке и Азии в нижнем ордовике; в Европе предмакедонская, таконская на границе ордовика и силура	По описанию А. А. Пронина таконская эпоха менее выразительная по сравнению с предшествующими и последующими
15 ?	Четкая одна	Эрийская	
30	4 фазы: арденская, эрийская, нассауская, мозельская	Бретонская (предтурнейская) и предвизейская	
12 ?	3 фазы	Преднамюрская, реже предбашкирская и московская	
20	5 фаз	—	
27	1—2 фазы	Предтриасовая	
20 ?	2—3 фазы	Предъюрская	
30	2 фазы: предрэтская и предлейсовая	Предмеловая	
15	3 фазы	Предверхнемеловая	
25	2 фазы или больше	Предпалеогеновая	
20	5 фаз	—	Окончательные границы эпохи неясны
	Множество местных фаз	—	

структурах, т. е. на обоих главных массивах земной коры. Поэтому данные о цикличности рифтогенеза могут рассматриваться как внешний контроль, как независимая проверка наличия среднечастотной тектонической цикличности. Легко видеть, что средняя длительность циклов рифтогенеза весьма хорошо согласуется с длительностью среднечастотных тектонических циклов и является надежным подтверждением обоснованности и объективности их выделения.

Сопоставление эпох тектонической активности А. А. Пронина и эпох рифтогенеза по оценкам В. Г. Казьмина

Тектонические эпохи			Эпохи рифтогенеза		
Наименование активных эпох	Границы эпох по геологической шкале, млн. лет	Длительность эпох, млн. лет	Границы эпох рифтогенеза, млн. лет	Длительность эпох, млн. лет	Опережение или запаздывание относительно тектонических эпох, млн. лет
Уральская	290—272	18	290—280 *	10	0
Позднегерцинская	245—220	25	260—255 230—220	?	?
Раннекимммерийская	200—180	20	200—190 *	10	0
Позднекимммерийская	150—130	20	160—150 *	10	—10
Австрийская	115—95	20	120—115 *	5	—5
Ларамийская	70—50	20	80—70 *	10	—10
Позднеальпийская	25—0	25	40—30 * 10—13 4—0 *	?	?

* Наиболее достоверные эпохи рифтогенеза.

§ 2. О НИЗКОЧАСТОТНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В то время как при исследовании проблем среднечастотной цикличности А. А. Пронин выступает как тонкий и деятельный аналитик, обобщивший огромный фактический материал и доказавший существование среднечастотной тектонической цикличности, в вопросах низкочастотной тектонической цикличности он пользуется дедуктивным методом. Он считает низкочастотную тектоническую цикличность установленной ранее, заданной, принимает ее за исходный отправной пункт своей концепции, поэтому ни где и никак не обосновывает низкочастотную цикличность, не уделяет внимания границам циклов, не рассматривает их специфические особенности.

Однако если подвергнуть сомнению веру в наличие низкочастотной тектонической цикличности и рассмотреть имеющийся фактический материал без априорной убежденности, а объективно и беспристрастно, то трудно найти какие-либо убедительные свидетельства подлинного существования в фанерозое тектонических циклов длительностью в 150—250 млн. лет.

Само понятие о таких тектонических циклах не увязывается с результатами исследований А. А. Пронина, хотя этот автор, несомненно, целиком придерживается ортодоксально циклистских позиций, что отражено в названиях его монографий. Приняв за основу обобщения А. А. Пронина (близкие по охвату и детальности

обобщения никем не предпринимались, следовательно, нет конкурирующих равно обоснованных рабочих гипотез) и используя в качестве количественной меры интенсивности тектонических движений процент разрывов с несогласиями, определенный выше, мы приходим к неизбежному и очевидному (см. рис. 3) выводу: выразительная общепланетарная тектоническая цикличность с выделением байкальского, каледонского, герцинского, альпийского циклов с интервалами в 150—250 млн. лет отсутствует. Заключение о наличии такой цикличности, широко используемые классиками геотектоники и современными крупнейшими тектонистами, не подтверждаются результатами детального анализа всей совокупности данных о несогласиях и перерывах.

Необходимо подчеркнуть, что отсутствие низкочастотной общепланетарной цикличности складчатых и других тектонических движений лишь в первом приближении равнозначно отсутствию такой цикличности эндогенных процессов. Справедливости ради необходимо отметить, что в основе представлений о низкочастотной цикличности эндогенных процессов лежат представления о цикличности складкообразования, однако, несомненно, эндогенные процессы более многообразны. Вероятно, исследования закономерностей и масштабов изменения магматизма (рассмотрены нами в главе V), метаморфизма и металлогении в течение фанерозоя, проведенные с охватом материалов по всем материкам, позволят более обоснованно судить о характере эндогенной периодичности. Так как в настоящее время отсутствуют материалы, сопоставимые по представительности с материалами А. А. Пронина, то на нынешнем уровне знаний характеристика эндогенной периодичности должна основываться на изучении цикличности тектогенеза и соразмеряться с последней.

Обратившись к материалам об интенсивности тектонических процессов, легко увидеть, что ни одна из тектонических эпох не отличается резко от другой по широте распространения и не может быть выделена в качестве рубежа тектонических циклов.

Вариант низкочастотной периодизации тектонического режима в фанерозое может быть намечен по степени контрастности интенсивности тектонических движений в мобильные и относительно спокойные тектонические эпохи. Схематически можно выделить три специфических интервала.

1. От кембрия до раннего девона — тектонический режим повышенной контрастности, интенсивность тектогенеза в активные эпохи в среднем в 5 раз выше, чем в относительно спокойные эпохи.

2. Девонско-пермский — общее повышение интенсивности тектогенеза в спокойные эпохи, общее снижение контрастности тектонического режима в средние до 2—3-кратной.

3. Мезозойско-палеогеновый — высококонтрастный режим, с превышением активности тектогенеза в активные эпохи по сравнению с относительно стабильными до 10—13-кратной.

Такая низкочастотная периодизация в первом приближении близка традиционным низкочастотным тектоническим циклам, хотя

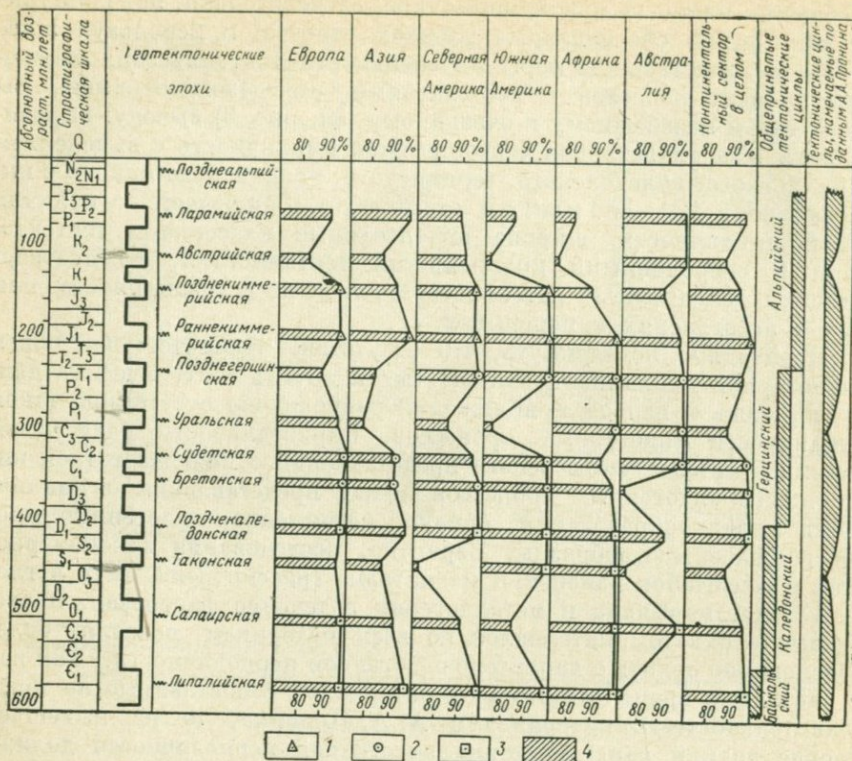


Рис. 12. Изменение количества разрезов с несогласиями в различные тектонические эпохи

Наиболее интенсивные тектонические эпохи: 1 — альпийского цикла, 2 — герцинского цикла, 3 — каледонского цикла; 4 — разрезы с несогласиями

надежность использованного при ее выделении параметра — контрастности — невелика.

Рассмотрим далее, имеется ли возможность выделить низкочастотные тектонические циклы по материалам интенсивности проявления тектонических эпох на различных материках.

На рис. 12 приведено распределение общего числа разрезов с несогласиями по отдельным материкам и для континентального блока планеты в целом для каждой из тектонически активных эпох. Для общепланетарной зависимости с точностью $\pm 3\%$ все тектонические эпохи, кроме таконской, уральской и австрийской, являются равнозначными и не могут быть использованы в качестве экстремальных для выделения низкочастотной цикличности. Вместе с тем может быть намечена некоторая тенденция к низкочастотной цикличности с минимумами, приуроченными к вышеупомянутым эпохам. В этом случае необходимо выделять низкочастотные циклы, не тождественные с каледонским, герцинским и альпийским. Намечаются

раннепалеозойский (600—440 млн. лет), среднепалеозойский (440—270 млн. лет), пермско-меловой (280—100 млн. лет) и мел-кайнозойский циклы (рис. 12).

Для Европы характерна равнозначность (в названных выше пределах точности) всех палеозойских тектонических эпох, некоторое общее ослабление активности в последние 250 млн. лет, причем здесь намечается некоторый низкочастотный цикл с минимумами в позднегерцинскую и австрийскую эпохи и максимумом в ранне- и позднекиммерийские эпохи (рис. 12).

Азия и Северная Америка отличаются наибольшей схожестью по относительной выразительности тектонических эпох между собой и с описанной выше среднепланетарной картиной; некоторые небольшие отклонения от общей закономерности для отдельных эпох здесь вполне могут быть представлены как местные флуктуации (рис. 12).

Однако признание такой низкочастотной цикличности в качестве единой общемировой едва ли будет оправдано в связи со спецификой значимости тектонических эпох на материках гондванской группы (рис. 12). Из их числа определенное сходство с лавразийскими по выразительности тектонических эпох обнаруживает лишь Южная Америка. Однако относительный минимум в австрийскую эпоху здесь во многом обусловлен влиянием Центрально-американской зоны, относительный минимум уральской эпохи намечен исключительно по разрезам синеклизы Параны, что едва ли характерно для Южной Америки в целом, а относительный минимум в такую эпоху не отмечается вовсе.

Совершенно не схожи по выразительности тектонических эпох с лавразийскими материками Африка и Австралия (рис. 12). Поэтому упомянутую выше тенденцию к низкочастотной цикличности на нынешней стадии изученности проблемы можно с известной осторожностью признать присущей материкам лавразийской группы.

Определенные данные о наличии глобальной низкочастотной тектонической цикличности или некоторых резких рубежей тектогенеза в течение фанерозоя получены в последние годы при изучении рифтогенеза, а также трапсового магматизма. В. Г. Казьмин намечает две «наиболее важные эпохи рифтогенеза» — на рубеже карбона и перми (290—280 млн. лет) и в позднем мелу (80—70 млн. лет), когда соответственно началось дробление Гондваны и произошло резкое усиление развития океанических рифтов. Е. Е. Милановский также отмечает резкое усиление и расширение рифтогенеза в конце палеозоя, в мезозое и кайнозое. Составленная этим исследователем схема тектонической обстановки рифтогенеза (рис. 13) свидетельствует, что к границе палеозоя и мезозоя приурочен важнейший тектонический рубеж, после которого существенно изменились многие особенности тектонического режима планеты. Относится ли этот рубеж к низкочастотным циклам, пока неясно, однако очевидно, что практическое отсутствие трапсового магматизма на материках в течение палеозоя, незначительное развитие или полное

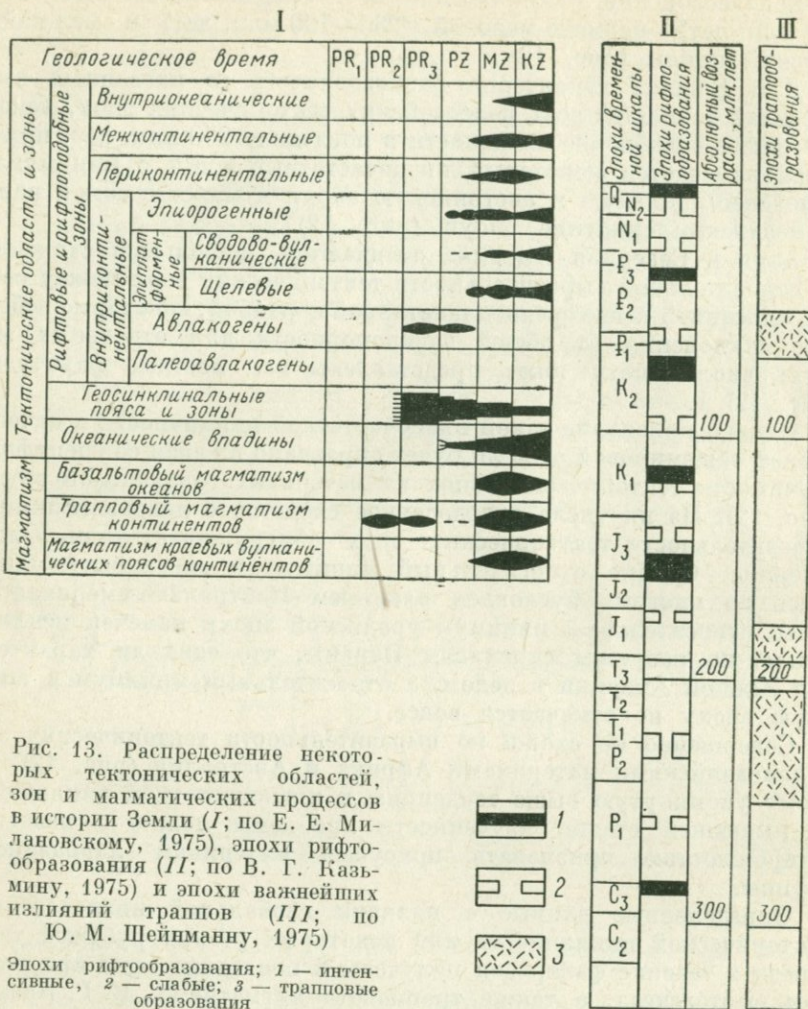


Рис. 13. Распределение некоторых тектонических областей, зон и магматических процессов в истории Земли (I; по Е. Е. Милановскому, 1975), эпохи рифтообразования (II; по В. Г. Казмину, 1975) и эпохи важнейших излияний траппов (III; по Ю. М. Шейнманну, 1975)

Эпохи рифтообразования; 1 — интенсивные, 2 — слабые; 3 — трапповые образования

отсутствие большинства разновидностей рифтогенных структур в палеозое и позднем докембрии не свидетельствуют в пользу непрерывного развития низкочастотных (с периодом 200 млн. лет) тектонических циклов в фанерозое.

§ 3. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Рассмотрение обширных данных о закономерностях тектонической цикличности в течение фанерозойского этапа развития Земли позволяет сделать следующие выводы.

1. Тектоническая общепланетарная цикличность в фанерозое является доказанной статистическим анализом массового материала по угловым и эрозийным несогласиям, полученного на всех материках, исключая Антарктиду. Другие способы изучения тектонической цикличности еще не получили широкого распространения.

2. Основным достоверно доказанным элементом цикличности являются выделенные А. А. Прониним тектонические эпохи, продолжительность которых варьирует от 15 до 35 млн. лет. Указанные эпохи для второй половины фанерозоя хорошо коррелируются с цикличностью рифтогенеза. На смену представлениям о главных особенностях цикличности планетарного тектогенеза в виде тектонически мгновенных фаз и тектонических низкочастотных циклов продолжительностью 150—200 млн. лет, повторяющихся неоднократно в истории Земли, должны прийти представления о нестройной среднечастотной тектонической цикличности с периодом в $n \cdot 10$ млн. лет.

Тектонический процесс в течение фанерозоя носит двухтактный характер и расчленяется на 12,5 пар эпох тектонической активности и относительного покоя.

3. Для сравнительно достоверно исследованного интервала фанерозойской тектонической истории средняя длительность каждой из 11 последних эпох тектонической мобильности составляет 21 млн. лет при колебаниях единичных значений от 15 до 25 млн. лет. Соответственно средняя длительность каждой из последних эпох тектонического покоя составляет 23 млн. лет. Таким образом, тектонические процессы в фанерозое происходят с периодичностью в 44 млн. лет. Эта величина может быть использована в качестве главной статистической константы периодичности тектонических процессов.

4. Тектонические движения в фанерозое никогда не снижались до нуля и не охватывали всю планету в целом. Относительные усиление и ослабление тектонической активности не имеют ничего общего с представлениями о тектонических катастрофах. Тектоническая активность, измеренная в условных единицах, в мобильные эпохи в среднем лишь в 4—5 раз больше, чем в относительно стабильные эпохи, при колебаниях относительной контрастности интенсивности тектонических движений в смежные мобильные и стабильные эпохи от 2,5 до 13 раз.

5. В течение фанерозоя не устанавливается какого-либо убыстрения тектонической жизни. Длительность тектонически мобильных и стабильных эпох остается сравнительно выдержанной и не обнаруживает отчетливой тенденции к увеличению или уменьшению.

6. Интенсивность большинства тектонически мобильных эпох является в первом приближении равновеликой, что не позволяет говорить о преобладающем значении какой-либо из эпох, не позволяет выделять «главные» эпохи, завершающие низкочастотные тектонические «циклы».

Представления о наличии в течение фанерозоя некоторых решающих периодов складчатости и орогенеза (герцинский, каледонский

и т. п.), положенные в основу тектонической картографии, не согласуются с результатами анализа перерывов и несогласий по материалам для суши и с данными о развитии рифтогенеза на континентах и в океанах.

7. Низкочастотная общеземная тектоническая цикличность в фанерозое может быть намечена по отдельным параметрам, при этом границы намечаемых таким образом тектонических циклов продолжительностью 150—250 млн. лет обычно не согласуются с общепринятыми рубежами каледонского, герцинского, киммерийского и альпийского циклов.

8. Необходимы дальнейшие широкие исследования для решения вопроса о наличии и характере низкочастотной тектонической цикличности в фанерозое. Понятия о низкочастотной региональной тектонической цикличности сохраняют свое значение в тех регионах, где каледонский, герцинский, киммерийский или альпийский циклы намечаются по фактическим материалам.

ЦИКЛИЧНОСТЬ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА И ЕЕ СВЯЗЬ С ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЦИКЛИЧНОСТЬЮ

Оценки глобальной цикличности седиментогенеза долгое время продолжали оставаться областью смелых предположений и различного рода дедуктивных выкладок. Они связывались обычно с тектоническим режимом планеты, а также с изменением уровня Мирового океана. Накопление знаний о Мировом океане в последние десятилетия продвинулось вперед столь значительно, что ныне проблема относительной неизменности объема воды (равно как и ее состава) в Мировом океане в течение фанерозоя, а вероятно, и в гораздо бóльшие интервалы геологического времени, практически перестала быть дискуссионной. Предметом дальнейших исследований здесь являются лишь сравнительно небольшие изменения объема Мирового океана, обусловленные главным образом оледенениями.

Вышедшие из печати в 1971 г. сборники «История Мирового океана» и «Океан» подводят итог научной информации о Мировом океане на конец 60-х годов, обобщенной советскими и зарубежными учеными. Представления о сохранении практически неизменным объема воды в Мировом океане в течение фанерозоя не встречаются в упомянутых сборниках каких-либо возражений. В связи с этим проблема глобальной цикличности трансгрессий и регрессий ныне может рассматриваться только под одним углом зрения: общемировые трансгрессии и регрессии могут быть следствием только общих интегральных опусканий и поднятий континентального блока (или соответственно сопряженных поднятий и погружений дна океанов). Эти движения земной коры являются категориями уже тектоническими.

Очевидно, что общемировые трансгрессии и регрессии не могут быть обусловлены горизонтальными движениями блоков литосферы. Если рассматривать только горизонтальные компоненты тектонических движений, то сумма их влияний на площади, занимаемой сушей и морем, равна нулю. Поэтому общемировые трансгрессии и регрессии в фанерозое, если они существуют, могут рассматриваться как отображение интегральной вертикальной компоненты тектонического режима планеты.

Развитие геологических исследований позволило в 1960—1975 гг. перейти к выявлению относительно надежных количественных показателей трансгрессий и регрессий. Новая научная основа такого изучения была заложена созданными в нашей стране методами анализа площадей, мощностей и объемов осадконакопления (В. В. Белоусов, В. Е. Хаин, А. Б. Ронов). Эти методы с учетом ряда ограничений (обусловленных точностью измерений, степенью некомпенсированности прогибания осадконакоплением, изменением объемов

осадков в процессе диагенеза и после него и др.) получили широкое распространение при изучении истории геологического развития отдельных регионов. Дополняя методы анализа фаций и формаций сравнительно строгими количественными оценками площадей, объемов и скоростей осадконакопления, новые методы позволили на современном уровне осветить изменение во времени площадей размыва и накопления в пределах отдельных регионов, материков и всей территории суши.

Первые широкие исследования такого рода были выполнены для девонских, каменноугольных, пермских, триасовых и юрских отложений континентов А. Б. Роновым и В. Е. Хаином и обобщены в статье А. Б. Ронова (1961), где приведены многочисленные графики и таблицы. В нескольких более поздних статьях А. Б. Ронов, В. Е. Хаин, К. Б. Сеславинский (1974, 1976) аналогичным образом синтезировали данные по кембрийским и ордовикским формациям мира, а в статье В. Е. Хаина, А. Б. Ронова и А. Н. Балуховского (1975) выполнено обобщение по меловым формациям. В этих исследованиях охвачен интервал большей части фанерозойского времени, использованы материалы по всем материкам, в связи с чем результаты выполненных А. Б. Роновым и другими исследователями подсчетов должны быть внимательно рассмотрены при разработке современных представлений о цикличности ундаций и осадконакопления.

Графики развития трансгрессий и регрессий по ряду материков, характеризующие весь фанерозой, опубликованы А. Л. Яншиным (1973). Общие заключения о масштабах трансгрессий и регрессий в течение фанерозоя на площади всех материков (кроме Антарктиды) сделаны А. А. Прониным (1969, 1973).

Прежде чем перейти к анализу данных о развитии мировых трансгрессий и регрессий, необходимо рассмотреть методику реконструкций, использованную указанными авторами, и оценить точность получаемых результатов, степень их пригодности для строгих количественных заключений о глобальной цикличности седиментогенеза.

§ 1. МЕТОДИКА И ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ТРАНСГРЕССИЙ И РЕГРЕССИЙ

А. Б. Ронов и А. Л. Яншин для расчетов кривых трансгрессий и регрессий использовали однотипную и достаточно простую методику.

По совокупности имеющихся (А. Л. Яншин) или специально построенных (А. Б. Ронов и др.) палеогеографических атласов и карт, отображающих историю геологического развития материков, подсчитывались площади, занятые морем (S_m). Результаты этих вычислений наносились затем на графики зависимости от геологического времени T в виде кривой для каждого материка $S_m^i = f(T)$ или для суммы нескольких материков $\Sigma S_m^i = f(T)$.

Очевидно, что при такой методике оценка трансгрессий и регрессий зависит не от способа подсчета площадей (планиметром или др.), а от достоверности палеогеографических построений.

Нет сомнений в том, что палеогеографические карты составляются высококвалифицированными специалистами, не стремящимися подтвердить или опровергнуть ту или иную схему общемировых трансгрессий и регрессий. К тому же использование А. Л. Яншиным серий карт, составленных разными коллективами авторов для разных материков, безусловно, исключает возможность единого предвзятого подхода и повышает достоверность выполненных им оценок.

В этом смысле палеогеографические карты на нынешнем уровне развития наших знаний, несомненно, являются единственной основой для оценки площадей, занятых сушей и морем, в пределах современных континентов в геологическом прошлом. Поэтому элементы субъективности их составителей, безусловно, присутствующие в каждой из карт, учитывая характер стоящей перед нами задачи, можно рассматривать как случайные помехи, сумма которых при большом числе учитываемых материалов стремится к нулю. Однако помимо чисто субъективного фактора, создающего случайные помехи, при составлении палеогеографических карт неизбежны и некоторые объективные систематические погрешности, роль и значение которых следует попытаться оценить.

Нам представляются наиболее значительными следующие объективные источники систематических погрешностей: 1) влияние господствующих научных теорий и гипотез; 2) недоучет площадей континентального блока, занятых в настоящее время шельфом и внутриконтинентальными морями; 3) неполнота информации по закрытым территориям.

Влияние господствующих научных теорий проявляется прежде всего в том, что при составлении палеогеографических карт и схем на площадях, где объем информации недостаточен для однозначного истолкования, где осуществляется экстраполяция и т. п., авторы палеогеографических реконструкций восполняют недостаток информации своими или заимствованными соображениями. При этом построения выполняются с учетом наиболее распространенных мнений о том, как вероятнее всего «должно быть».

Так как представления о цикличности трансгрессий и регрессий достаточно долго остаются доминирующей научной гипотезой, то можно не сомневаться, что палеогеографические построения настолько, насколько позволяла свобода действий составителей, скорее согласовывались с этой гипотезой, чем противопоставлялись ей. Поэтому можно полагать, что этот источник систематических ошибок более содействовал, чем препятствовал «выделению» цикличности.

Влияние недоучета режима осадконакопления на площадях континентального шельфа и внутриконтинентальных морей, по-видимому, не столь значительно, как может показаться на первый взгляд. Хотя суммарная площадь этих областей составляет порядка 30 млн. км², или ~22% от обычно учитываемой площади современ-

ной суши, едва ли можно сомневаться в том, что в течение всего фанерозоя или его большей части современные шельфы и окраинные моря оставались относительно погруженными. Поэтому площади морского осадконакопления и объемы осадков, исчисляемые для континентального блока планеты в целом, конечно, заметно занижаются вследствие влияния рассматриваемого фактора, но это занижение носит характер систематической ошибки одного знака, оно изменяет общий фон кривой трансгрессий — регрессий, сдвигает ее в целом по оси площадей (объемов), но слабо влияет на ее дифференциацию. Поэтому можно считать, что недоучет континентальных окраин в первом приближении не изменит существенно закономерностей цикличности седиментогенеза. Площадь, занимаемая внутренними морями, совершенно незначительна.

Неполнота информации по закрытым территориям является важным фактором, так как контролирует масштабы влияния научных гипотез, что рассмотрено нами выше. Здесь нужно отметить, что недостаток информации, по-видимому, наиболее остро сказывается не при вычислении площадей континентального блока, занятых сушей и морем, а при оценках объемов осадконакопления. Причина этого состоит в том, что, как выяснилось в последние годы, мощности осадочных пород размещены по площади континентов резко неравномерно с преимущественной концентрацией в зонах относительно небольших впадин.

Укажем для примера, что по нашим вычислениям, учитывающим результаты обобщения геофизических работ, объемы осадков в Прикаспийской впадине составляют 6,7 млн. км³, а в Амударьинской впадине — 2,0 млн. км³, при площади этих структур соответственно 520 и 180 тыс. км². Площадь Восточно-Европейской платформы составляет 5,7 млн. км², Скифско-Туранской — 2,0 млн. км², а объемы накопившихся на этих территориях отложений соответственно 14,0 и 6,5 млн. км³. Следовательно, в Прикаспийской впадине ¹ на площади менее 10% Восточно-Европейской платформы заключено около 50% объема ее осадочных отложений, а в Амударьинской впадине на площади менее 10% Скифско-Туранской платформы сосредоточено около 30% объема ее осадочных отложений. Эти ориентировочные данные показывают, что слабая изученность наиболее глубоких впадин может внести погрешности порядка 10% в оценку площадей, занятых морями в тот или иной интервал времени, а при оценке изменения объемов осадконакопления ошибки могут достигать вдвое-втрое больших величин. Определенные погрешности такого же типа возникают, очевидно, из-за приуроченности большого числа глубокопогруженных впадин, данные о мощности осадочного чехла которых обобщены Н. А. Беляевским (1974), к области шельфов и внутриконтинентальных морей.

Поскольку на территории суши в настоящее время в наименьшей степени изучены разрезы глубоких впадин, можно заключить, что

¹ Следуя за общепринятой точкой зрения, здесь мы условно рассматриваем Прикаспийскую впадину как часть Восточно-Европейской платформы.

вследствие неполноты имеющейся информации масштабы трансгрессий и регрессий выявляются со значительно большей достоверностью, чем объемы осадконакопления.

Критически рассматривая количественные возможности палеогеографических подсчетов, Н. М. Страхов отмечал, что «методики составления палеогеографических карт для геосинклиналей еще нет», а вычисления объемов по палеогеографическим картам платформ без учета новейшей геофизической информации «исходят из некоторых условных принятых предпосылок, все сделано сомнительным методом очень широкой экстраполяции и поэтому все представляют собой не настоящие количественные определения, а прикидки с неопределенной погрешностью. Оперировать ими как достоверными величинами невозможно» (1973, стр. 11—12). Эти оценки Н. М. Страхова, нацеленные на критику подсчета массы элементов в земной коре и осадках, в гораздо меньшей степени приложимы к исследованиям вопросов цикличности седиментогенеза, так как в этом случае речь идет об относительном увеличении или уменьшении объемов осадков, вычисляемых по одинаковой, хотя и весьма приближенной методике. Поэтому погрешности вычислений суммы объемов осадков на континентах для целей изучения цикличности седиментогенеза мы можем ориентировочно оценить в 20—30%.

В сущности, близкая указанной точность получается и из сопоставления данных, приводимых Н. М. Страховым (1973) по объему фанерозойской осадочной оболочки континентов, вычисляемых различными авторами и имеющих величину 197, 240, 408 и $507 \cdot 10^6$ км³. Несмотря на то, что столь внешне разные величины «получены разными методами и с различными допущениями», крайние члены этого ряда определений имеют относительную ошибку от среднеарифметического значения $338 \cdot 10^6$ км³ всего лишь 42—55%, а средняя величина относительной арифметической ошибки четырех определений составляет 38%. Таким образом, приближенные оценки объема осадконакопления характеризуют некоторый порядок величин с определенной упомянутой точностью, что не позволяет считать их просто прикидками с неясной погрешностью.

В дискуссии о точности «палеогеографически рассчитанных объемов», итог которой подведен в работе Н. М. Страхова (1974), убедительно показано, что точность вычисления объемов по методике, использованной А. Б. Роновым и другими исследователями, варьирует от 15—20% для мало- и среднепогруженных зон до 50% для глубокопогруженных зон. Следовательно, использование величин объемов по палеогеографическим реконструкциям должно производиться с большой осторожностью.

При исследованиях глобальных трансгрессий и регрессий большее значение имеет определение не объемов осадконакопления, а площадей, занятых морем, и их изменчивости во времени. Как известно, мелкомасштабные палеогеографические карты составляются с широким использованием экстраполяций и интерполяций. При этом достоверные площади седиментации и предполагаемые участки осадконакопления для каждого стратиграфического

Сопоставление площади моря на различных континентах (в %) по данным

Материки	Авторы				
		D ₁	D ₂	D ₃	C ₁
		Бретонская		Судетская	
Северная Америка	А. Б. Ронов	8	53	54	47
	А. Л. Яншин	39	47	48	44
	А. А. Пронин	5		3,5	
Южная Америка	А. Б. Ронов	42	25	3	2
	А. Л. Яншин	50	40	24	12
	А. А. Пронин	8		0	
Австралия	А. Б. Ронов	11	17	14	6
	А. Л. Яншин	7	6	5	4
	А. А. Пронин	6		0	

периода и каждой эпохи различны и относятся друг к другу в среднем как 1 : 1. Очевидно, относительная роль достоверных участков седиментации в целом повышается с уменьшением геологического возраста, поэтому точность оценок площадей при палеогеологических реконструкциях снижается от кайнозоя к мезозою и далее к палеозою. Необходимо подчеркнуть, что эта точность заметно снижается на рубеже мезозоя и палеозоя, так как палеогеографические реконструкции для палеозойских отложений молодых плит, перекрытых мощным мезозойско-кайнозойским чехлом, весьма проблематичны. Более строгие и представительные палеогеографические реконструкции для палеозоя возможны по древним платформам, где палеозойские отложения формируют выдержанный на больших площадях осадочный покров.

Методика вычисления площадей, занятых морем в тот или иной период (эпоху), имеет еще один существенный недостаток, который нельзя причислить к объективным. Речь идет о неучете неодинаковой продолжительности периодов и эпох стратиграфической шкалы. Очевидно, что при режиме волновых, осцилляционных, движений за более продолжительный интервал геологического времени большая территория будет покрываться морем. Этот аспект не учитывался при выделении трансгрессий по палеогеографическим данным даже в самых поздних работах А. Б. Ронова с соавторами (1974, 1975, 1976), что служило причиной неправильных выводов. Ниже мы более подробно коснемся погрешностей, обусловленных этим фактором.

При оценках точности вычисления площадей осадконакопления А. Б. Ронов и другие исследователи приводят величины точности,

А. Б. Ронова (1961), А. А. Пронина (1969—1973), А. Л. Яншина (1973)

Стратиграфическая шкала									
C ₂	C ₃	P ₁	P ₂	T ₁	T ₂	T ₃	J ₁	J ₂	J ₃
Геотектонические эпохи А. А. Пронина									
Уральская		Позднегерцинская		Раннекиммерийская		Позднекиммерийская		Австрийская	
45	32 4,5 50	36 45	6 43	10 32	11 36	18 42	10 42	15 43	22 45
		2		8		8		—	
31	43 0,5 19	27 23	0,2 2	0,5 1	2 0	12 10	7 10	6 11	10 5
		0		0,8		0		7	
2	1,2 0 1,5	12 4	2,5 2	2,5 0	2,5 0	2,5 0	4 0	5 0	9 2
		0		4		0		—	

варьирующие в основном от 1,0 до 5,0% для разных материков и различных периодов. Такие оценки необходимо рассматривать как внутреннюю техническую погрешность вычислений, которая совершенно недостаточно характеризует точность метода. Строгие оценки точности метода затруднительны.

Обычно при исследовании точности измерений какой-либо величины сопоставляют несколько независимых измерений, признаваемых равноточными, или сравнивают менее точные данные с более точными, принимаемыми за эталон.

Если сопоставить доли площадей, занятых морями на отдельных континентах по определениям А. Б. Ронова, А. Л. Яншина и А. А. Пронина, то такие сопоставления в известной мере могут быть использованы для суждений о точности оценок площадей при вычислении кривых регрессий и трансгрессий. К сожалению, сопоставимые данные по всем континентам отсутствуют. Поэтому в табл. 4 приведены данные по Северной Америке, Южной Америке и Австралии. Очевидно, что каждый из трех названных исследователей при своих построениях синтезировал все имеющиеся материалы зарубежных авторов, однако, как следует из табл. 4, полученные результаты резко разнятся друг от друга.

Относительно сопоставимы цифры, приводимые А. Л. Яншиным и А. Б. Роновым, и резко отличны данные А. А. Пронина.

Рассмотрим вначале результаты и точность палеогеографических оценок А. Л. Яншина и А. Б. Ронова.

Публикации этих авторов разделяют 12 лет. Однако если обратиться к первоисточникам, то оказывается, что вычисления площадей суши и моря у А. Б. Ронова и А. Л. Яншина основываются

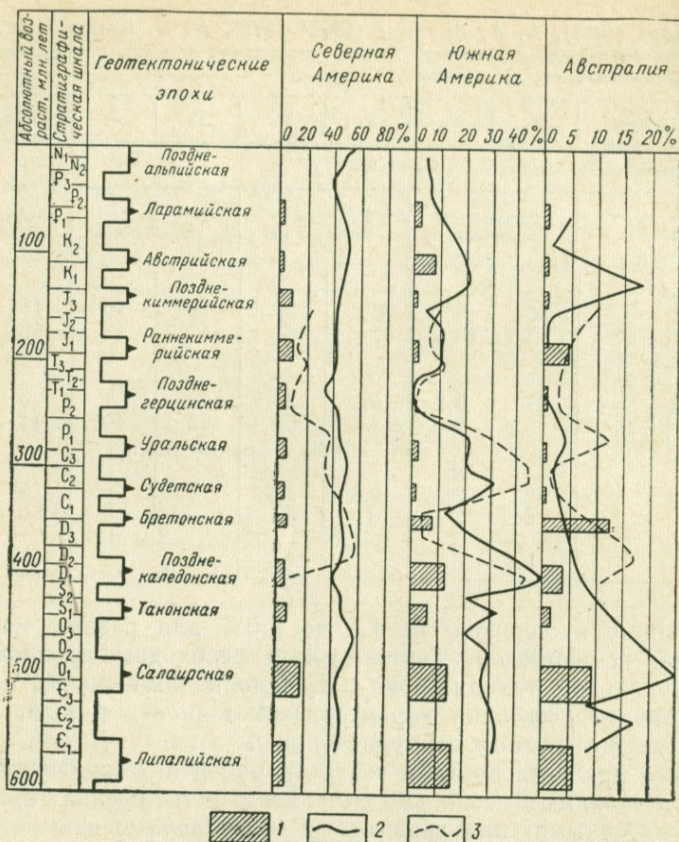


Рис. 14. Изменение площади моря в фанерозе на материках Северная и Южная Америка и Австралия

1 — по А. А. Пронину (1969, 1973); 2 — по А. Л. Яншину (1973);
3 — по А. Б. Ронову (1960)

главным образом на материалах 50-х годов. Поскольку нас интересуют вопросы относительной изменчивости площадей, занятых морем, измеряемых многими миллионами квадратных километров и подсчитываемых в десятках тысяч квадратных километров и более крупных единицах, различные масштабы исходных палеогеографических карт (варьирующие от 1 : 7 500 000 до 1 : 25 000 000) не имеют принципиального значения.

Очевидно, для оценки точности вычислений не имеют значения цели исследований и способы подсчета. Поэтому оценки площадей, предпринятые А. Б. Роновым и А. Л. Яншиным, мы вправе рассматривать как равнодоверенные; составленные по материалам этих авторов табл. 5 и рис. 14 позволяют оценить все имеющиеся расхождения как в абсолютных (табл. 5), так и в относительных величинах (рис. 14).

Площади, занятые морем в отдельные эпохи фанерозоя на различных континентах,
по оценкам разных авторов

Территория; автор, год	Общая площадь, млн. км ²	Площадь, занятая морем в отдельные геологические эпохи, млн. км ²														
		D ₁	D ₂	D ₃	C ₁	C ₂	C ₃	P ₁	P ₂	T ₁	T ₂	T ₃	J ₁	J ₂	J ₃	
Западная половина СССР; А. Л. Яншин, 1973	11,6	3,5	4,8	5,3	8,3	6,6	4,6	3,6	1,0	1,4	0,9	0,8	0,7	2,6	4,6	
Восточная половина СССР; А. Л. Яншин, 1973	10,8	5,9	6,3	5,9	6,1	5,2	4,4	4,6	3,9	3,7	5,2	4,5	6,2	5,8	5,4	
Евразия; А. Б. Ронов, 1961	53,0	22,0	28,8	32,5	31,9	23,2	23,2	23,1	19,5	14,8	15,9	15,9	18,1	20,5	22,3	
Северная Америка; А. Л. Яншин, 1973	24,2	9,1	11,1	11,3	10,8	10,8	11,8	10,8	10,3	7,9	8,2	10,1	10,0	10,2	10,8	
Северная Америка; А. Б. Ронов, 1961	25,0	1,8	12,5	12,7	11,3	7,5	7,5	8,5	1,5	2,4	2,5	4,3	2,4	3,5	5,2	
Южная Америка; А. Л. Яншин, 1973	18,3	9,4	7,4	4,5	1,8	5,6	3,2	3,8	0,5	0,2	0	1,6	1,8	1,8	0,8	
Южная Америка; А. Б. Ронов, 1961	17,5	7,4	4,4	0,5	0,4	7,6	7,6	4,8	0,04	0,1	0,4	2,2	1,3	1,2	1,8	
Австралия; А. Л. Ян- шин, 1973	8,9	0,6	0,45	0,6	0,3	0,2	0,1	0,4	0,2	—	—	—	—	—	0,1	
Австралия; А. Б. Ро- нов; 1961	7,8	0,9	1,4	1,1	0,5	0,1	0,1	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,7	

Материалы по вычислениям среднеквадратической ошибки определения площадей, занятых морем, по оценкам А. Б. Ронова (1961) и А. Л. Яншина (1973) для Северной Америки, Южной Америки и Австралии приведены в табл. 6.

Как видно из табл. 6, расхождения между оценками А. Л. Яншина и А. Б. Ронова площадей моря для отдельных эпох различных материков варьируют от незначительных величин до 5—10-кратных (поздняя пермь и ранний девон Северной Америки). Принимая за истинное среднеарифметическое значение из двух определений, получаем, что формальная среднеквадратическая ошибка определения площади, занятой морем, по единичной эпохе каждого из трех материков составляет 7,1%, среднеквадратическая ошибка единичного определения площади моря равна для Северной Америки 11%, для Южной Америки 5,6% и для Австралии 25%. Учитывая приближенный характер вычислений, а также то, что площадь Северной Америки значительно превышает площадь двух последних материков (табл. 5), ориентировочно можно принять погрешность определения суммарных площадей, занятых морем, равной 10%. Такая точность определения площадей трансгрессий в построениях А. Б. Ронова и А. Л. Яншина представляется достаточно высокой, она в 2—3 раза выше, чем точность определения объемов осадконакопления на континентах, приведенная выше.

Рассмотрим теперь, в чем причина резких отличий палеогеографических реконструкций А. А. Пронина от таковых А. Б. Ронова, А. Л. Яншина и др.

Принципы построения палеогеографических реконструкций для характеристики эпох повышенной тектонической активности (геократических) А. А. Прониным подробно не освещены и не обоснованы. Из разрозненных высказываний, приведенных в различных разделах его монографий, следует, что А. А. Пронин использует своеобразную методику.

Специфические особенности его палеогеографических реконструкций состоят в следующем.

1. Методика палеогеографических реконструкций существенно отличается от общепринятой, причем сущность интерпретации обычных палеогеографических карт в реконструкциях А. А. Пронина количественно не охарактеризована.

2. В качестве морских областей на палеогеографических реконструкциях А. А. Пронина, согласно принятой им методике, должны фигурировать лишь *зоны непрерывного морского осадконакопления в течение рассматриваемых эпох повышенной тектонической активности средней длительностью в 21 млн. лет.*

Представляет интерес рассмотрение вопросов о том, каковы отличия палеогеографических реконструкций А. А. Пронина от полученных по общепринятой методике. По отдельным оценкам самого автора можно заключить, что расхождения примерно в 2 раза он считает вполне допустимыми. Так, касаясь палеогеографии позднекаледонской эпохи тектонической активности в Северной Америке и сравнивая свои реконструкции с построениями Ч. Шухерта,

К вычислению ошибок определения площади моря

Материк	Стратиграфическая шкала	Площадь моря, %			d, %
		по А. Л. Яншину, 1973	по А. Б. Ронову, 1961	среднее	
Северная Америка	J ₃	45	22	33,5	11,5
	J ₂	43	15	29	14
	J ₁	42	10	26	16
	T ₃	42	18	30	12
	T ₂	36	11	23,5	12,5
	T ₁	32	10	21	11
	P ₂	43	6	24,5	18,5
	P ₁	45	36	40,5	4,5
	C ₃	50	32	41	9
	C ₂	45	32	38,5	6,5
	C ₁	44	47	45,5	1,5
	D ₃	48	54	51	3
	D ₂	47	53	50	3
D ₁	39	7,5	23,25	15,75	
Южная Америка	J ₃	5	10	7,5	2,5
	J ₂	11	6	8,5	2,5
	J ₁	10	7	8,5	1,5
	T ₃	10	12	11	1
	T ₂	0	2	1	1
	T ₁	1	0,5	0,75	0,25
	P ₂	2	0,2	1,1	0,9
	P ₁	23	27	25	2
	C ₃	19	43	31	12
	C ₂	31	43	37	6
	C ₁	12	2	7	5
	D ₃	24	3	13,5	10,5
	D ₂	40	25	32,5	7,5
D ₁	50	42	46	4	
Австралия	J ₃	2	9	5,5	3,5
	J ₂	0	5	2,5	2,5
	J ₁	0	4	2	2
	T ₃	0	2,5	1,25	1,25
	T ₂	0	2,5	1,25	1,25
	T ₁	0	2,5	1,25	1,25
	P ₂	2	2,5	2,25	0,25
	P ₁	4	12	8	4
	C ₃	1,5	1,2	1,35	0,15
	C ₂	2	1,2	1,6	0,4
	C ₁	4	6	5	1
	D ₃	5	14	9,5	4,5
	D ₂	6	17	11,5	5,5
D ₁	7	11	9	2	

А. А. Пронин пишет: «Распространение морских бассейнов показано приблизительно такое же, как и на палеогеографической схеме позднекаледонской эпохи, прилагаемой к настоящей работе... Общая площадь бассейнов по отношению к площади всего континента выражается приблизительно не в 3,3%, как на нашей схеме, а в 6,1%» (1969, стр. 185). Отметим, что по вычислениям А. Л. Яншина, повторенным нами, на картах Ч. Шухерта в рассматриваемый период морем занято около 40% территории Северо-Американского континента.

Истинная точность многих палеогеографических оценок А. А. Пронина, несомненно, весьма низкая. Рассмотрим, к примеру, палеогеографию судетской тектонической эпохи (от конца визейского до конца башкирского веков). Для палеогеографии Европы этого времени А. А. Пронин выделяет лишь два «небольших эпиконтинентальных залива Атлантики с общей площадью, не превышавшей 25—30 тыс. км². По отношению ко всей площади Европы всего лишь около 0,22%» (А. А. Пронин, 1969, стр. 66). Степень пригодности таких оценок очевидна советским исследователям, знакомым с разрезами восточной части Русской плиты, где рассматриваемый интервал времени характеризовался отчетливым преобладанием морского режима осадконакопления. Лишь территория Прикаспийской впадины, где осадконакопление было, по-видимому, не только морским, но и некомпенсированным, составляет примерно 500—600 тыс. км². Следовательно, в оценки А. А. Пронина необходимо вносить в данном случае более чем 20-кратные поправки. Примеры подобных неточностей в палеогеографических реконструкциях А. А. Пронина многочисленны.

3. Палеогеографические выкладки А. А. Пронина методически несовершенны и внутренне противоречивы. Этот автор использует только следующие градации: площади с непрерывно морским разрезом есть моря, все прочее есть суша. Так как само выделение тектонических эпох в разрезе производится по обилию перерывов, то, исходя из сделанной предпосылки, он приходит к выводу, что все тектонические эпохи были эпохами регрессий, геократическими, эпохами расширения площадей суши.

Проведенные А. А. Прониным палеогеографические реконструкции привели его к заключению об общем постепенном «океанализации» поверхности суши в палеозое. В течение липалийской, салаирской и таконской эпох площадь морей составляла 5—7% площади суши, в относительно активные тектонические эпохи среднего палеозоя площади морей уменьшаются до 3,9—4,0%, а в верхнепалеозойские геократические эпохи площади морей составляют 1,2% в судетскую, 2,0% в уральскую и 1,5% в позднегерцинскую эпохи. В мезозойские эпохи тектонической активности площади морей вновь возрастают по оценкам А. А. Пронина до 2,7—4,0%.

Изменения площади морей по отдельным континентам в геократические эпохи согласно оценкам А. А. Пронина можно видеть на рис. 14.

Однако указанные заключения А. А. Пронина являются, по нашему мнению, совершенно необоснованными, так как в основу выделения геократических эпох им положен просто неверный подход. В самом деле, если в течение эпохи длительностью 22 млн. лет в морском разрезе какого-либо региона был перерыв длительностью 10 млн. лет, 1 млн. лет или 0,1 млн. лет, то этот регион по А. А. Пронину не попадает в подсчет площадей морей.

Оценки площадей, занимаемых морями в эпохи тектонической активности, сделанные А. А. Прониным, явно занижены вследствие принятой им методики оценки площадей. Сравнение с данными А. Л. Яншина, А. Б. Ронова и других исследователей (см. табл. 4, рис. 14) показывает, что занижение площадей моря по оценкам А. А. Пронина варьирует для отдельных материков от 2 до 10 раз. Поэтому палеогеографические реконструкции этого исследователя, по нашему мнению, являются методически необудительными, совершенно не согласуются с более обоснованными оценками других авторов, не охватывают интервалы тектонически спокойных эпох (продолжительностью более 50% фанерозоя). Эти палеогеографические реконструкции А. А. Пронина нельзя рассматривать равнозначными данным А. Л. Яншина и А. Б. Ронова. Вследствие указанных недостатков представления А. А. Пронина о трансгрессиях и регрессиях при дальнейшем анализе материалов нами не рассматриваются.

§ 2. О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЯ МАСШТАБОВ МОРСКОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ФАНЕРОЗОЕ

Как известно, первоначальные представления о чередовании общемировых эпох трансгрессий и регрессий были намечены по наблюдениям на территории Европы. Поэтому интересно сопоставить эти представления с современными более строгими количественными оценками.

Кривая изменения по времени относительной доли площади осадконакопления на Восточно-Европейской платформе, построенная по данным А. Б. Ронова, обнаруживает известное общее соответствие с построениями Н. М. Страхова, С. Н. Бубнова, Н. Ф. Балуховского (см. рис. 4). Однако более детальный анализ показывает, что графики ундаций упомянутых исследователей чрезмерно дифференцированы. С учетом приведенных выше заключений о точности подсчетов площадей, занятых морем, составляющей 10%, можно заключить, что на кривой по данным А. Б. Ронова (см. рис. 4), как и на сходной кривой развития трансгрессий и регрессий для Восточно-Европейской платформы по данным А. Л. Яншина (см. рис. 6) нельзя выделить многочисленных ундаций, можно лишь наметить четкие минимумы в неогене, ранней юре — поздней перми, в раннем девоне и, вероятно, кембрии (последний минимум четко намечен А. Л. Яншиным и невыразителен у А. Б. Ронова).

Таким образом, современные данные о площадях морского осадконакопления даже для территории Восточно-Европейской плат-

формы не дают оснований для построения дифференцированных графиков ундаций, составленных С. Н. Бубновым, Н. С. Страховым, Н. Ф. Балуховским.

Обратимся далее к материалам количественных характеристик морского осадконакопления для крупных массивов континентальной земной коры. Наиболее представительными здесь могут выступать данные о морском осадконакоплении в течение среднего фанерозоя по всем материкам, приведенные А. Б. Роновым (1964) и А. Б. Роновым с соавторами (1974, 1975, 1976) для кембрия, ордовика и мела, и данные для группы материковых областей и большинства кратонов для всего фанерозоя, приведенные А. Л. Яншиным.

Обратимся вначале к материалам А. Б. Ронова.

На рис. 4 вынесена (пунктир) полученная А. Б. Роновым (1964) кривая изменения площади осадконакопления на континентах, построенная в том же масштабе, что и идентичная кривая Н. М. Страхова (1949). Легко видеть, что изображенный Н. М. Страховым, С. Н. Бубновым и Н. Ф. Балуховским механизм ундаций в течение девона и карбона не находит убедительного отображения в результатах вычислений А. Б. Ронова. Однако общая полуволна ундации с максимумом прогибания в среднем девоне — раннем карбоне и минимумом прогибаний в среднем триасе проявляется весьма отчетливо. Графики А. Б. Ронова перекрывают полностью интервал времени, соответствующий герцинскому циклу. Рассмотрение этих графиков (рис. 4) показывает, что в течение указанного интервала происходит общее закономерное уменьшение площадей осадконакопления, особенно отчетливое для геосинклиналей и с незначительной дифференциацией движений для платформ.

А. Б. Ронов, анализируя полученные материалы, пытается подтвердить наличие периодичности внутри герцинского цикла, однако обращение к конкретным данным вынуждает его делать совершенно иные выводы. Так, рассматривая графики изменения площадей поднятий и прогибаний для всех материков, он заключает, что «синхронной периодичности, обязательной для всех материков, не существует» (1961, стр. 127). Между тем, тщательный анализ графиков и таблиц, приведенных А. Б. Роновым, показывает, что синхронная периодичность трансгрессий и регрессий существует, но имеет период не в десятки миллионов лет (*именно эту периодичность имеет в виду А. Б. Ронов в приведенной выше цитате*), а значительно больший. Именно эта периодичность намечается при рассмотрении рис. 4, где минимум прогибания и для Гондваны и для Лавразии приурочен к раннему — среднему триасу. Эта же тенденция устанавливается для каждого материка в отдельности. В то же время минимум прогибания в раннем девоне, выделенный на лавразийской кривой, не может быть принят за отражение глобальных процессов, так как в Гондване в этот период происходит наиболее значительное расширение областей морского осадконакопления.

Рассмотрение графиков и таблиц А. Б. Ронова приводит к заключению, что особенности трансгрессий и регрессий в среднем

фанеровое не отображают какую-либо закономерную изменчивость, свойственную всем материкам с периодичностью менее 200 млн. лет. Следовательно, общие пульсации размеров Земли, эвстатические колебания уровня океана, общие поднятия суши, имеющие глобальный характер, не происходили в рассматриваемый интервал геологической истории Земли или их период превышает 200 млн. лет. В то же время для отдельных материков (Евразия, Северная Америка, Южная Америка, Африка) могут быть намечены различные несинхронизированные проявления цикличности с периодом 130 млн. лет и более. Более высокочастотные проявления цикличности либо не устанавливаются вовсе, либо имеют статистически недостоверный характер для всей планеты, будучи зафиксированными для отдельных регионов.

С еще большей убедительностью отмеченные нами закономерности цикличности устанавливаются по материалам анализа площадей накопившихся осадков, приведенным на рис. 4. А. Б. Ронов пытается на этих графиках увидеть, что «они достаточно отчетливо вырисовывают периодический ход процесса..., в прогибании геосинклиналей намечается два максимума, первый из них приходится на средний девон, а второй — на нижний карбон». Однако поиски подобной цикличности лишены какой-либо убедительности, так как отличия площадей осадконакопления в геосинклиналях в течение среднего девона, позднего девона и раннего карбона заключены в пределах $\pm 5\%$ от средней величины и во много раз меньше, чем возможные ошибки вычислений А. Б. РONOVA. Следовательно, *эти величины статистически равновелики и свидетельствуют вовсе не о протекании каких-либо среднечастотных циклических изменений объемов осадконакопления, а, напротив, об удивительном постоянстве и выдержанности этих объемов в среднем девоне — раннем карбоне.*

Эта удивительная устойчивость площадей осадконакопления продолжается согласно подсчетам А. Б. РONOVA по суммарной кривой для материков (рис. 15, А) до позднего карбона включительно. Таким образом, в течение длительного интервала времени протяженностью в 100 млн. лет или несколько более (как минимум в интервале от 280 до 380 млн. лет) имеющиеся данные не позволяют выделить какой-либо среднечастотной цикличности, отмечается сравнительно устойчивое суммарное накопление отложений на поверхности суши. Эта устойчивость тем более интересна, что в течение рассматриваемого периода зафиксированы мощные трансгрессии на отдельных материках и установлены две или три эпохи тектонической активности. Графики изменения глобального объема осадконакопления характеризуются, однако, лишь одним выразительным минимумом в поздней перми и раннем — среднем триасе, когда произошло почти трехкратное снижение масштабов накопления по сравнению с предшествующими эрами. Этот минимум, возможно, отображает проявления цикличности осадконакопления с периодом более 200 млн. лет. Другим примером проявления этого вида цикличности, видимо, является минимум морского осадконакопления в раннем девоне — силуре.

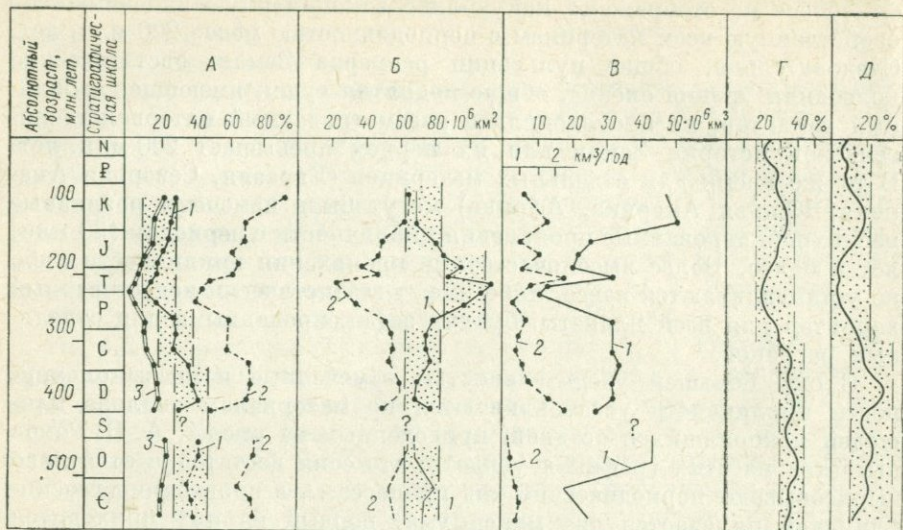


Рис. 15. Глобальные трансгрессии и регрессии в фанерозое

А — изменение в фанерозое площади, покрытой морем: 1 — материковый сегмент в целом, 2 — геосинклинальные области, 3 — платформенные области; Б — изменение в фанерозое размеров области осадконакопления в континентальном секторе Земли: 1 — площадь размыва, 2 — площадь осадконакопления; В — объем и скорость осадконакопления в фанерозое в пределах континентального сектора Земли: 1 — объем осадков (в млн. км³), 2 — скорость осадконакопления (в км³/год); Г — изменение общей площади моря на материках Северная и Южная Америка, Австралия и в пределах СССР; Д — изменение общей площади моря в пределах древних платформ (кроме Антарктиды).

Примечания. 1. Точками показан «коридор возможных ошибок». 2. Графики А, Б, В составлены по данным таблиц из работ А. Б. Ронова (1961) и А. Б. Ронова, В. Е. Хаина и др. (1974, 1975, 1976); графики Г, Д составлены по расчетам А. Л. Яншина (1973) по отдельным материкам

Еще более убедительны построения, обобщающие данные А. Б. Ронова (1961) и более поздние работы А. Б. Ронова с соавторами (1974, 1975, 1976), которые выполнены по однотипной методике. Результаты, полученные этими исследователями, отображены на составленном нами рис. 15, А, Б, В. Из рис. 15 видно, что ордовикский период отличается максимумом масштабов морского осадконакопления на материковом сегменте планеты в целом, в геосинклинальных и платформенных областях (рис. 15, А). Это дало основание А. Б. Ронову, В. Е. Хайну и К. Б. Сеславинскому (1976), утверждать, что в ордовике намечается наибольшая для фанерозоя глобальная трансгрессия, которая произошла за счет вовлечения в морское осадконакопление Северо-Востока СССР, Северо-Востока КНР и Юго-Востока МНР, а также за счет расширения площади морей в центральной части и на юге Европы и в Западной Сибири.

Эта крупнейшая для фанерозоя трансгрессия, по мнению авторов, обусловлена активизацией тектонической жизни в ордовике, «во-первых, активным развитием каледонских геосинклиналей, в которых к концу ордовика завершалась зрелая стадия развития (такозная орогеническая фаза)..., во-вторых, в ордовике началось форми-

рование герцинских геосинклиналей» (А. Б. Ронов, В. Е. Хаин, К. Б. Сеславинский, 1976, стр. 25).

В материалах А. Б. Ронина и других исследователей, посвященных кембрийским и ордовикским литологическим формациям, достаточно много косвенных данных, не согласующихся с выделением этой глобальной трансгрессии в ордовике. Указанные авторы замечают, что при осадконакоплении в ордовике по сравнению с кембрием резко сократилась роль карбонатных отложений — с 50 до 29%, скорость погружения и платформ и геосинклиналей уменьшилась на 10—50%. В ордовике накопилось всего 44,2 млн. км³ осадков против 67,4 млн. км³ в кембрии. Даже на площади Евразии, где, по мнению А. Б. Ронина и других исследователей, наиболее ярко проявилась «ордовикская трансгрессия», в кембрии накопился 41 млн. км³ осадков, а в ордовике лишь 25 млн. км³, причем площадь морей в раннем кембрии составила 64% площади континента, а в ордовике лишь 59%.

Однако А. Б. Ронов, В. Е. Хаин и К. Б. Сеславинский настолько стремились выделить в ордовике «крупнейшую трансгрессию фанерозоя», что прошли мимо всех этих данных, содержащихся в таблицах их собственных статей.

Сущность допущенной авторами ошибки, приведшей к выделению «крупнейшей трансгрессии фанерозоя», состоит в следующем. Для кембрия площади морского осадконакопления определялись авторами для каждой эпохи порознь, поэтому площадь морей раннего кембрия составила 40% от площади континентального блока, среднего кембрия — 39% и позднего кембрия — 37%.

В отличие от кембрия для ордовика подсчет площади морского осадконакопления выполнялся не дифференцированно по эпохам, а интегрально для всего периода в целом, т. е. для геохронологического интервала в 70 млн. лет, в среднем втрое большего, чем для кембрийских эпох. Поэтому, если какая-либо трансгрессия длительностью 5—10 или даже 0,5—1,0 млн. лет происходила в кембрии, она учитывалась для характеристики одной эпохи, а аналогичная трансгрессия в ордовике характеризовала весь период в целом.

Тем самым эффект большей площади морского осадконакопления в ордовике по сравнению с кембрием создан указанными авторами искусственно, как следствие учета различных трансгрессий относительно небольшой продолжительности, возникающих и чередующихся при волновых движениях. Именно такая погрешность методики создала кажущийся эффект большей площади, занятой морем в ордовике, который использован для заключений о синхронной цикличности трансгрессий и тектогенеза.

Очевидно, если оценивать площадь морского осадконакопления в кембрии таким же образом, как это сделано авторами для ордовика, то для характеристики кембрия в целом необходимо брать размеры наибольших трансгрессий в какой-либо из кембрийских эпох. Воспользовавшись данными А. Б. Ронина с соавторами (1976), мы произвели такой подсчет для кембрия (табл. 7).

К оценке площади морского осадконакопления в кембрии по схеме, принятой для ордовика, по данным А. Б. Ронова, В. Е. Хаина и К. Б. Сеславинского (1976)

Материк	Площадь, млн. км ²	Доля площади, занятой морем, %				Максимальная площадь, занятой морем, млн. км ²
		Є ₁	Є ₂	Є ₃	Максимальная	
Евразия	53,4	64	56	51	64	34,1
Северная Америка	24,2	34	39	50	50	12,1
Южная Америка	18,3	26	32	32	32	5,9
Африка	30,3	5	4	3	5	1,5
Австралия	8,8	51	46	35	51	4,5
Все материки	135,0	40	37,3	37	43	58

Легко видеть, что такой способ подсчета дает величину площади, покрытой морем в кембрии, равную 43%, т. е. больше, чем в любую из эпох кембрия, и точно соответствующую величине, полученной А. Б. Роновым и другими исследователями для максимальной трансгрессии фанерозоя в ордовике.

Приведенные соображения и расчеты показывают, что в кембрии и ордовике площадь моря в пределах континентального сегмента была практически равновеликой и отдельные колебания находятся в пределах погрешностей.

Отмеченный ранее минимум трансгрессий в раннем девоне не может рассматриваться в качестве мирового интегрального из-за максимального размаха трансгрессий в эту эпоху на морях Гондваны (напомним, что Антарктида в подсчетах не участвует), поэтому наличие и убедительность этого минимума остаются дискуссионными. Для всех остальных эпох от раннего кембрия до раннего карбона включительно по данным А. Б. Ронова и других исследователей наблюдается достаточно высокая устойчивость режима осадконакопления.

Площади материкового сегмента, занятые морем, варьируют в пределах $40 \pm 3\%$, а без учета «ордовикского максимума» — $39 \pm 2\%$; площади, занятые морем в геосинклиналях, составляют $71 \pm 4\%$, а на платформах — $20 \pm 3\%$; размеры областей размыва составляют 75 ± 6 млн. км², а областей накопления морских и континентальных осадков — 58 ± 5 млн. км². Нельзя не отметить удивительную статистическую стабильность этих параметров.

В течение позднего палеозоя и раннего мезозоя наблюдается «волна» уменьшения трансгрессий, которая в целом согласно выделяется по всем параметрам, кроме скорости осадконакопления (рис. 15). Глобальный минимум трансгрессий приурочен к раннему триасу, когда морями занято лишь 12% площади материков, в том числе лишь 4% площади платформ. Представляется, что несмотря на все возможные погрешности, общая регрессия в позднем палеозое —

Изменение площади моря и скорости осадконакопления в фанерозое — по А. Б. Ронову (1961) и А. Б. Ронову и др. (1974—1976)

Стратиграфическая шкала	Площади, покрытые морем, %			Области размыва материков, млн. км ²	Области накопления осадков, млн. км ²	Объем осадков, млн. км ³	Скорость накопления осадков, км ³ /год
	материки в целом	геосинклинали	платформы				
C ₁	40	75	22	75	57	26,1	0,93
C ₂	39	73	22	76	56	21,9	1,0
O ₃	37	67	23	80,9	54,6	19,4	0,95
D ₁	43	75	25	68,7	66	44,2	0,47
D ₂	30	50	18	81,4	50,2	27	2,25
D ₃	41	72	20	69,3	63,4	32	1,88
C ₁	39	73	19	71,1	61,1	32	1,23
C ₂	37	72	17	77,9	53,6	34	1,13
C ₃	29	60	13			32	0,97
P ₁	29	60	12	76,2	56,2	—	
P ₂	29	60	12	79,8	51,8	31,5	1,09
T ₁	17	41	6	96,9	34,1	18	0,75
T ₂	12	45	4	106,4	26,9	11	1,1
T ₃	15	48	6	110	23,3	13	1,3
J ₁	18	62	7	87,5	45,1	34	2,27
J ₂	18	65	8	95,4	36	21	1,05
J ₃	22	62	12	84,9	47,3	22	1,57
K ₁	25	69 *	16 *	82	49,4	25	1,04
K ₂	26	69 *	17 *	69	63,9	51,1	1,83
	29	92 *	23 *	67,5	66	47,9	1,14

* Здесь выделяются кроме платформ и геосинклиналей также эпиплатформенные и эпигеосинклинальные орогенные пояса.

раннем мезозое с минимумом морского осадконакопления на рубеже перми и триаса установлена вполне достоверно.

Новая стабилизация режима осадконакопления отмечается в юрско-меловое время, однако в среднем площади, занимаемые морем в пределах континентального сектора, оказываются значительно меньшими, чем в раннем фанерозое, — они составляют $25 \pm 4\%$. Необходимо отметить, что большие площади морского осадконакопления в меловые эпохи (по сравнению с юрскими) по оценкам А. Б. Ронova и других исследователей, вероятно, также обусловлены большей (в среднем вдвое) продолжительностью меловых эпох. Поэтому приуроченность максимума глобальных трансгрессий к верхнемеловой эпохе или к меловому периоду в целом не является бесспорной. Вместе с тем несомненно наличие общей глобальной трансгрессии в средней юре — мелу по сравнению с триасом.

С учетом приведенных значений объемов осадконакопления нами была подсчитана скорость осадконакопления (v_0), как частное от деления объема осадков (W_0 , км³), накопившихся в течение геологического периода, на продолжительность этого периода в млн. лет (T): $v_0 = \frac{W_0}{T}$ км³/год. Результаты этих вычислений приведены в табл. 8 и на рис. 15, В, где изображен график $v_0 = f(T)$.

Указанный график учитывает различную абсолютную продолжительность геологических периодов и эпох и в связи с этим более пригоден для выявления цикличности процессов осадконакопления. Расчеты показывают, что если принимать за основу цифры А. Б. Ронова, то средняя величина осадконакопления на площади суши в нормальные периоды составляет $1,0 \pm 0,4$ км³/год. Такой темп осадконакопления наблюдается в течение 75% продолжительности изучаемого интервала среднего фанерозоя. *Этот параметр можно рассматривать как некоторую приближенную константу нормального осадконакопления в пределах территории суши в среднем фанерозое.*

Приведенное рассмотрение материалов А. Б. Ронова и других исследователей характеризует режим осадконакопления не для всего фанерозоя. Представляет интерес попытка выяснить наличие глобальной цикличности в фанерозое по другим подсчетам площадей трансгрессий и регрессий в пределах континентального блока.

С этой целью обратимся к рассмотрению материалов А. Л. Яншина (см. рис. 6, а, в) и рис. 15, Г, на которых приведены построенные нами по данным А. Л. Яншина кривые изменения площадей морского осадконакопления в пределах большей части суши и древних платформ. Поскольку ошибки палеогеографических реконструкций примерно равны $\pm 10\%$, то отклонения, лежащие в пределах этой величины, не могут быть использованы для характеристики закономерной смены общемировых трансгрессий и регрессий. На рис. 15, Г, Д схематически показан «коридор ошибок», флуктуации в пределах которого не могут использоваться для выделения суммарных трансгрессий и регрессий в пределах большей части суши и древних платформ. Как видно из рис. 15, Г, на большей части суши в течение раннего и среднего палеозоя площади, занятые морем, оказываются практически неизменными, их величины колеблются в пределах $\pm 5\%$, что значительно ниже точности палеогеографических реконструкций. Тем самым статистическая неизменность площадей морского осадконакопления в течение интервала 575—300 млн. лет представляется доказанной. Однако в течение позднего палеозоя, мезозоя и кайнозоя отмечаются более значительные изменения площадей суммарного морского накопления. Эти колебания, однако, также укладываются в коридор возможных ошибок $\pm 10\%$, что допускает истолкование полученных результатов как некоторую статистическую константу. При таком подходе очевидно, что на рубеже среднего и позднего палеозоя произошло резкое сокращение площадей морского осадконакопления на континентах, средние значения их величин уменьшились с 39 до 27% площади всей суши и с 25 до 10% площади кратонов.

Нам представляется, однако, что имеющийся материал позволяет наметить для верхнего палеозоя, мезозоя и кайнозоя цикличность изменения площадей морского осадконакопления с минимумами в раннем — среднем триасе и неогене и с максимумом в раннем мелу. Кривая трансгрессий за последние 250 млн. лет весьма близка к правильной синусоиде с периодом в 200 млн. лет. Хотя колебания площадей морского осадконакопления лежат в пределах точности

оценок, тем не менее закономерный ход кривых трансгрессий на рис. 15, Г, Д позволяет предположить, что здесь, возможно, мы имеем дело не с флуктуациями, а с отчетливым проявлением тенденции низкочастотной цикличности.

Режим осадконакопления в мезозое — кайнозое может быть оценен двояко: либо как относительно стабильный со значительно меньшей средней величиной площадей морского осадконакопления, чем в раннем — среднем палеозое, либо как циклический с периодом 200 млн. лет. Более обоснованным нам представляется второй вариант.

Проведенный анализ количественных характеристик морского осадконакопления на континентах по наиболее представительным современным материалам с учетом погрешности их определения позволяет сделать следующие выводы.

1. Количественные оценки по площади и объему осадконакопления суммарно по всей площади суши, платформ и геосинклиналей не обнаруживают цикличности с периодом в десятки миллионов лет, которая доказана для тектонических процессов.

2. Намечается определенная цикличность масштабов осадконакопления с периодом, близким к 200 млн. лет. Эта цикличность, фиксируемая для отдельных платформ, материков и материковых объединений типа Лавразии и Гондваны и, по-видимому, для последних 300 млн. лет истории планеты, носит всеземной характер, а также может быть намечена в палеозое с учетом раннедевонско-силурийского (?) минимума.

3. Доказанному всеземным можно признать лишь относительно значительное сокращение областей и объемов осадконакопления в интервале 330—200 млн. лет (C_2 — T_3), установленное как для кратонов, так и для складчатых областей; эта регрессия является единственной подлинной общемировой в течение палеозоя. В этот регрессионный период площади морского осадконакопления сократились на кратонах в 2,5 раза и более, а на суше в целом — в 1,5 раза и более.

4. Режим морского осадконакопления на рубеже палеозоя и мезозоя претерпел существенное изменение. Возможно, это изменение является отображением проявлений цикличности с периодом более 300 млн. лет. В мезозое и кайнозое намечается близкая к гармонической цикличность морского осадконакопления с периодом в 200 млн. лет (максимум в нижнем мелу, минимумы в триасе и неогене). Эта цикличность устанавливается по суммарным кривым трансгрессий для кратонов и суши, но отмечается несинхронно на всех материках.

Менее выразительно проявление низкочастотной цикличности седиментогенеза в палеозое. С учетом минимума в раннем девоне — силурие (?) палеозойская низкочастотная цикличность осадконакопления должна быть оценена как прерывистая.

5. Общеконтинентальная цикличность осадконакопления не носит характера «многократного» чередования все усиливающихся трансгрессий, дифференциации и регрессий, как полагают Н. М. Стрехов, С. Н. Бубнов, Н. Ф. Балуховский, Л. Л. Слосс и др.

§ 3. О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ РАЗЛИЧИЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ТЕКТОГЕНЕЗА И СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА

Как показала проведенная нами простая количественная обработка современных данных, между режимами глобальных проявлений тектогенеза и седиментации намечаются существенные различия.

Кратко резюмируем полученные результаты, возможные причины которых являются предметом нашего рассмотрения.

1. Выясняется отсутствие общемировых тектонических высокочастотных фаз. Установлено, что основной формой глобальной тектонической цикличности в фанерозое является двухтактное среднечастотное сравнительно равномерное чередование относительно спокойных и мобильных тектонических эпох средней длительностью для среднего и позднего фанерозоя в 22 млн. лет. Интенсивности тектонических движений в тектонически активные эпохи примерно равновелики и в среднем в 4 раза выше, чем в эпохи тектонического покоя. Выделение по критериям перерывов осадконакопления и угловых несогласий низкочастотных тектонических циклов продолжительностью в 150—200 млн. лет или более (каледонского, герцинского, киммерийского, альпийского) возможно лишь в отдельных регионах. Низкочастотная периодизация тектогенеза может быть намечена по минимумам интенсивности тектогенеза.

2. Доказано отсутствие общемировых регрессий и трансгрессий, синхронно происходящих на площади всех материков в раннем и среднем палеозое, кроме, возможно, раннедевонской регрессии. Ундации площадей и объемов осадконакопления, устанавливаемые для отдельных материков и их групп лишь с периодом от 100 до 200 млн. лет, не синхронны и не находят отображения на графиках суммарных площадей трансгрессий, регрессий и объемов осадконакопления, построенных для всей суши. В течение интервала времени продолжительностью до 300 млн. лет суммарные площади осадконакопления на материках остаются практически неизменными, исключая, вероятно, ранний девон — силур (?).

3. На рубеже палеозоя и мезозоя произошло резкое изменение режима глобальных ундаций, в пределах блока континентальной земной коры существенно сократилась площадь морского осадконакопления. В мезозое и кайнозое намечается цикличность изменения суммарных площадей морского осадконакопления на континентах с периодом 200 млн. лет.

4. В то время как общеконтинентальная тектоническая цикличность имеет равномерный двухтактный характер со среднечастотным чередованием аномалий различного знака, общеконтинентальная цикличность осадконакопления в мезозое — кайнозое отличается по частоте более чем в 5 раз и имеет квазигармонический характер. По-видимому, в палеозое существует низкочастотная цикличность осадконакопления, которая носит прерывистый характер и включает чередование продолжительных интервалов нормального режима, возможно, разделенных кратковременной регрессией в раннем девоне — силуре (?).

5. Таким образом, закономерности общеконтинентальной средне-частотной цикличности тектонических режимов и колебаний осадконакопления не обнаруживают заметной взаимосвязи и не могут быть выведены одни из других. Отсутствие связи между средне-частотными цикличностью тектонических режимов и ундациями объемов осадконакопления означает обусловленность этих процессов различными причинами и механизмами, которые необходимо выяснить.

6. Определенная взаимосвязь между низкочастотными циклами тектогенеза и седиментогенеза может быть намечена по приближенной корреляции мобильных тектонических эпох пониженной интенсивности (таконская в силурийском периоде; уральская в ранней перми; австрийская в позднем мелу) с эпохами относительного сокращения масштабов осадконакопления в раннем девоне — силуре (?), в перми — триасе и в позднем мелу — раннем палеогене. Несмотря на низкую надежность указанных показателей, они привлекают серьезное внимание, особенно в связи с приуроченностью их к границам низкочастотных циклов других геологических процессов, рассматриваемых в главах VI—IX.

Связь между орогенезом и регрессией, несомненно, проявляется в каждом конкретном континентальном регионе, испытывающем общее поднятие. Это очевидное правило, отчетливо наблюдаемое на площадях лавразийских древних платформ, и явилось теоретической основой взглядов о тесной связи между эпохами складкообразования и регрессиями.

Отмеченное несоответствие находится в кажущемся противоречии с широко наблюдаемыми в различных районах проявлениями связи тектонических движений и осадконакопления; эта связь выражается прежде всего в функциональной обусловленности следующей последовательности событий: усиление поднятий или тектонических дифференцированных движений → усиление эрозии → усиление масштабов седиментации. Указанный механизм действительно существует и эффективно функционирует, что предопределяет формирование формаций как связующего звена между тектоникой и литологией. Однако справедливость наличия такой связи на формационном и региональном уровнях организации вещества отнюдь не означает обязательное наличие этой связи на планетарном уровне организации вещества, что видно на примере среднечастотных циклов тектогенеза и седиментогенеза.

Укажем вначале на некоторые общие соображения, которые противоречат представлениям о тесной связи тектогенеза и ундаций.

Очевидно, что тектонические движения проявляются в глобальном изменении площадей морского осадконакопления на континентах не непосредственно, а через колебания уровня Мирового океана, которые отражают суммарный результат тектонических движений на всей поверхности планеты.

Необходимо подчеркнуть, что тектогенез, тектоническая активность могут проявляться и проявляются не только в усилении складчатости, поднятий и орогенеза, как считали еще 20 лет назад, но и

в форме усиления рифто-грабенообразования, прогибания. Тесная взаимная связь между этими процессами была показана нами выше. Уже только поэтому отождествление тектонических эпох с эпохами регрессий представляется необоснованным.

Акватории морей и океанов составляют около $\frac{3}{4}$ поверхности планеты. Если допустить, что общий баланс поднятий и опусканий в равной мере свойствен континентам и океанам, то при преобладании поднятий в любой конкретный интервал времени на всей поверхности планеты произойдет не регрессия, а трансгрессия океана, так как, во-первых, на большей части суши воды и не было и, во-вторых, поднятие дна океана приведет к повышению его уровня; объем воды, вытесненной из впадин океанов, в несколько раз превысит объем воды, вытесненной с континентов.

Таким образом, даже эти общие соображения показывают, что, действительно, непосредственная связь между поднятием и отступлением моря в каком-то конкретном регионе при внимательном рассмотрении вовсе не может быть перенесена на общие закономерности глобальных проявлений тектогенеза и ундаций.

Для более полного объяснения установленных выше закономерностей глобального тектогенеза и ундаций необходимо отказаться от неприемлемых экстраполяций местных особенностей на обще-земные процессы.

Обращаясь к особенностям планетарной организации вещества, необходимо в первую очередь отметить убедительную правильность распределения высот геоида. Существование материков в виде поднятий континентальной литосферы, возвышающихся в среднем на 5 км над дном океана, не отражается существенно на форме геоида. Как показали наблюдения за особенностями движения спутников, форма геоида остается весьма близкой к эллипсоиду вращения и над материками, и над океанами, что свидетельствует о повсеместной высокой компенсации материковых масс.

Сказанное подтверждает эффективное воздействие механизма изостазии, представления о которой были впервые высказаны еще более века назад. Как показывают современные данные, изостатическая компенсация осуществляется в течение единиц и первых десятков тысяч лет, т. е. в геологическом масштабе времени мгновенно. При этом способность к независимым изостатическим движениям проявляют блоки с поперечными размерами 100—200 км. Поэтому все кратоны, все материки и крупные континентальные и океанические структуры оказываются изостатически уравновешенными. Это означает, что средний уровень поднятий континентов и прогибания океанов (а при постоянстве объема воды и средние площади морского осадконакопления на континентах) оказываются величинами неизменными в геологическом масштабе времени, так как нарушение изостатической уравновешенности тектоническими силами восстанавливается весьма быстро, геологически мгновенно.

Таким образом, относительно постоянная величина суммарных площадей морского осадконакопления в пределах континентов, установленная для раннего и среднего палеозоя (кроме раннего

девона — силура ?), очевидно, свидетельствует о совершенном и неизменном выполнении изостатической компенсации в этот интервал геологического времени и является вполне естественной.

В самом деле, если допустить, что средний уровень стояния материков относительно стабилизировался, то колебания отдельных блоков под влиянием тектонических сил геологически мгновенно будут компенсироваться встречными изостатическими перемещениями других блоков. Таким образом, сумма высот континентов и сумма глубин океанов будут находиться в изостатическом равновесии.

Очевидно, что такой механизм вполне удовлетворительно объясняет описанные выше соотношения между глобальной тектонической цикличностью и суммарным распределением площадей осадконакопления в палеозое.

Следовательно, цикличность тектогенеза, характеризующаяся периодичностью в 44 млн. лет, не связана с суммарными площадями трансгрессий на континентах. Эта цикличность проявляется при изучении изменений гранулометрического состава осадков, который, как показал И. А. Одесский, обнаруживает наиболее выразительную цикличность с периодом в 39—45 млн. лет (в среднем 42 млн. лет) *Тем самым цикличность седиментогенеза, оцененная по изменению состава осадков, и тектоническая цикличность, установленная по числу перерывов и угловых несогласий, характеризуются практически тождественной периодичностью. Очевидно, что связь тектогенеза и седиментогенеза обусловлена повышением контрастности рельефа в тектонически активные эпохи, что приводит к фиксируемому погребению синхронных осадочных отложений.*

Рассмотрим далее возможную природу уменьшения площади морского осадконакопления, произошедшего в течение позднего палеозоя, и циклических изменений этой площади в течение мезозоя и кайнозоя, а также общемировой вероятной регрессии в раннем девоне — силуре (?).

В качестве возможных причин таких изменений нередко принимают эвстатические колебания уровня Мирового океана. Поскольку объем и состав Мирового океана в рассматриваемый отрезок геологической истории оставались практически неизменными, эвстатические колебания уровня Мирового океана могли быть обусловлены либо расходом водных масс на формирование континентальных ледников (гляциоэвстазия), либо общим погружением поверхности дна океана (тектоэвстазия).

Гляциоэвстатические колебания способны привести к понижению уровня Мирового океана на 100—150 м, если масштабы оледенения будут близки масштабам четвертичного оледенения. Однако влияние этого фактора на циклические изменения площадей морского осадконакопления на континентах необходимо признать мало существенным, ибо, как будет показано ниже, четкой корреляции между этими изменениями и оледенениями не обнаруживается. Отметим здесь к примеру, что наибольшие регрессии отмечаются

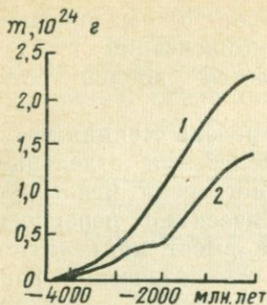


Рис. 16. Изменение со временем массы воды в гидросфере и в земной коре (по О. Г. Сорохтину, 1974)

1 — суммарная масса воды, дегазированной из мантии;
2 — масса воды в гидросфере

тового вулканизма на океаническом дне возросла на 60 млн. км³, что соответствует утолщению водного слоя более чем на 200 м. Однако основная масса воды поступала в океан в процессе формирования гранитов, поэтому усиление гранитообразования имело следствием увеличение водной массы в океанах. Экстремум гранитоидного магматизма по оценкам В. Е. Хаина с соавторами (1965) приурочен к меловому периоду, следовательно, одновременно должно было произойти увеличение объема водной массы в океане. С увеличением уровня океана в послемеловое время на 200 м согласуются данные о широком развитии на границе мела и палеогена перерывов в океанском осадконакоплении, о мелководной позднемеловой морской фауне на плоских вершинах гайтов, погружившихся в настоящее время на 200—400 м.

Однако все эти данные об увеличении объема морской воды совершенно не уязвляются с режимом трансгрессий. При общем увеличении объема океанов на 20% в фанерозое площадь, занятая морем на континентах, не только не увеличилась, но в целом сократилась примерно на 15%. Отмеченное противоречие, по нашему мнению, может быть объяснено лишь погружением дна океанов, примерно эквивалентным увеличению объемов океанических масс. Такое погружение дна позволяет хорошо согласовать все приведенные факты об увеличении массы воды с особенностями режима трансгрессий.

Глобальные изменения площадей морского осадконакопления могут быть следствием тектоноэвстазии. Рассмотрим возможный механизм этого явления.

Поскольку в течение фанерозоя, несомненно, функционировал механизм изостатической компенсации, то условия для общемировых трансгрессий и регрессий могли возникнуть только при соответствующих изменениях параметров изостазии.

в позднем палеозое — триасе, когда установлено общее потепление климата на Земле и энергичное таяние ледников Гондваны.

Иногда высказываются соображения, что глобальные трансгрессии могут быть следствием увеличения общего уровня океанов. Как известно, гидросфера Земли образуется в результате дегазации мантии одновременно с формированием земной коры. Наиболее подробно это положение обосновал А. П. Виноградов (1967 и др.). Изменение во времени массы воды в гидросфере рассчитал О. Г. Сорохтин (рис. 16). Согласно его оценкам масса воды в гидросфере в фанерозое постепенно увеличилась на 15—20%.

Согласно Е. Е. Милановскому (1975) водная масса океанов в мезозое — кайнозое (начиная с пермо-триаса) только за счет базаль-

тового вулканизма на океаническом дне возросла на 60 млн. км³, что соответствует утолщению водного слоя более чем на 200 м. Однако основная масса воды поступала в океан в процессе формирования гранитов, поэтому усиление гранитообразования имело следствием увеличение водной массы в океанах. Экстремум гранитоидного магматизма по оценкам В. Е. Хаина с соавторами (1965) приурочен к меловому периоду, следовательно, одновременно должно было произойти увеличение объема водной массы в океане. С увеличением уровня океана в послемеловое время на 200 м согласуются данные о широком развитии на границе мела и палеогена перерывов в океанском осадконакоплении, о мелководной позднемеловой морской фауне на плоских вершинах гайтов, погружившихся в настоящее время на 200—400 м.

Однако все эти данные об увеличении объема морской воды совершенно не уязвляются с режимом трансгрессий. При общем увеличении объема океанов на 20% в фанерозое площадь, занятая морем на континентах, не только не увеличилась, но в целом сократилась примерно на 15%. Отмеченное противоречие, по нашему мнению, может быть объяснено лишь погружением дна океанов, примерно эквивалентным увеличению объемов океанических масс. Такое погружение дна позволяет хорошо согласовать все приведенные факты об увеличении массы воды с особенностями режима трансгрессий.

Глобальные изменения площадей морского осадконакопления могут быть следствием тектоноэвстазии. Рассмотрим возможный механизм этого явления.

Поскольку в течение фанерозоя, несомненно, функционировал механизм изостатической компенсации, то условия для общемировых трансгрессий и регрессий могли возникнуть только при соответствующих изменениях параметров изостазии.

По современным представлениям изостатическая компенсация осуществляется на границе литосферы и астеносферы. Литосфера, включающая земную кору, характеризуется мощностью от 50 до 150—200 км при средних значениях 60—70 км и средней плотностью $3,3 \text{ г/см}^3$ при колебаниях по оценкам разных авторов для различных зон от 3,1 до $3,5 \text{ г/см}^3$. Вещество литосферы находится в кристаллическом состоянии и характеризуется определенным пределом прочности. Вязкость литосферы 10^{22} — 10^{23} Пз, что делает практически невозможным пластическое перетекание вещества в литосфере, за исключением его менее вязких компонентов.

В астеносфере, мощность которой варьирует от 0—50 до 300—400 км при средней величине 280 км, плотность вещества составляет $3,3$ — $3,4 \text{ г/см}^3$. Поскольку вещество астеносферы относительно разогрето и частично расплавлено, плотность его на $0,05$ — $0,10 \text{ г/см}^3$ меньше плотности вещества нижней части литосферы, а вязкость составляет в среднем 10^{20} Пз, варьируя в различных зонах и по разным оценкам от 10^{19} до 10^{21} Пз. Поскольку химический состав вещества низов литосферы и верхов астеносферы обычно считается тождественным, различие его плотностей обусловлено только степенью погрешности определения и расплавлением его в астеносфере; в этих условиях плотность прямо пропорциональна вязкости. Разогрев астеносферы приводит к усилению расплавления вещества, понижает его вязкость и плотность. Охлаждение астеносферы или отток ее расплавленных вязких компонентов (которые обычно составляют несколько процентов от объема астеносферы) приводит к повышению ее плотности.

Удельные изостатические силы f_i зависят от гравитационного коэффициента K и разницы плотностей астеносферы (σ_a) и литосферы (σ_l): $f_i = K(\sigma_a - \sigma_l) = K\Delta\sigma$.

Плотность литосферы, очевидно, не может подвергаться геологически быстрым или циклическим изменениям. Несомненно, значительно более изменчивой является плотность астеносферного, квазижидкого слоя, обогащенного летучими компонентами.

По современным представлениям (Ф. Стейси, 1972) изостатическое равновесие примерно на $2/3$ осуществляется по принципу компенсации по глубине, предложенному Эри. Согласно этому принципу материковые блоки погружены в астеносферу на значительно большую глубину, чем блоки океанической литосферы. Следовательно, увеличение удельных изостатических сил f_i в некоторый момент геологической истории приведет к большим относительным воздыманиям материков, или, что то же самое, к большим относительным погружениям поверхности океанической литосферы, т. е. к тектоноэвстатической регрессии, к общему относительно более высокому стоянию материков.

Напротив, уменьшение удельных изостатических сил f_i в некоторый момент геологической истории приведет к меньшим относительным воздыманиям блоков материковой литосферы, или, что то же самое, к меньшим относительным погружениям поверхности океани-

ческой литосферы, т. е. к тектоноэвстатической трансгрессии, к общему относительному понижению уровня материков.

Таким образом, механизм общемировых регрессий и трансгрессий может быть объяснен закономерным изменением удельных изостатических сил. Как следует из формулы $f_i = K \Delta\sigma$, их величина может изменяться при колебаниях параметра тяготения и плотности астеносферы.

Это позволяет предположить, что общемировые регрессии (в позднем палеозое и др.) связаны с общим увеличением удельных изостатических сил (с увеличением гравитационного коэффициента, с увеличением плотности астеносферы, или, наконец, с увеличением произведения этих величин). Подчеркнем, что мы прибегаем к этим гипотетическим допущениям в поисках возможных причин научно строго установленных фактов общемировых регрессий и усиления рифтогенеза в позднем палеозое.

Указанные соображения могут быть использованы и для объяснения низкочастотной цикличности ундаций в мезозое — кайнозое и в раннем девоне — силуре (?).

Подведем итоги изложенного.

1. На уровне планетарной организации вещества тесная связь общемировых орогенезов и общемировых регрессий (как и обратно, эпох покоя и трансгрессий) противоречит принципу изостазии, не находит подтверждения в экспериментальных материалах и должна быть решительно отвергнута. Поэтому отождествление среднечастотных общемировых эпох тектонической активности с эпохами регрессий, наименование их «геократическими» являются неправильными. Нет никаких оснований при анализе глобальных явлений выводить закономерности ундации из цикличности орогенеза (тектогенеза) и наоборот (что приемлемо для отдельных регионов).

2. Глобальный режим тектогенеза характеризуется выразительной среднечастотной ритмичностью с периодом 42 млн. лет, а общемировой режим морского осадконакопления характеризуется длительным стабильным уровнем в раннем — среднем палеозое (с вероятным кратковременным перерывом в раннем девоне), существенно нарушенным в позднем палеозое, и вероятным циклическим изменением с периодом в 200 млн. лет в мезозое — кайнозое. Эти различия глобальных режимов тектогенеза и ундаций могут быть объяснены с помощью механизма тектоноэвстазии и изменения удельных изостатических сил, учет которых свидетельствует об известной взаимосвязи тектонических процессов, порождаемых эндогенными силами, и ундаций, регулируемых силами изостатическими; последнее можно рассматривать как планетарно-экзогенные (Н. Я. Кунин, 1972).

3. Режимы среднечастотной цикличности тектогенеза обнаруживают наиболее отчетливое отображение в седиментогенезе в регулярном изменении гранулометрического состава осадков. Гранулометрические индикаторы тектонической активности выявляют выразительную цикличность с периодом 39—45 млн. лет (в среднем

42 млн. лет) и оказываются наиболее тесно связанными с режимом тектогенеза по сравнению с величинами площадей трансгрессий, объемов и скоростей осадконакопления и другими количественными характеристиками цикличности литогенеза.

4. Тесно связанные режимы цикличности седиментогенеза (трансгрессий и регрессий) с тектогенезом контролируют развитие отдельных регионов и формаций. Намечающаяся определенная взаимосвязь глобальных проявлений низкочастотной цикличности седиментогенеза и тектогенеза может быть объяснена воздействием тектоноэвстазии.

О ГЛОБАЛЬНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ МАГМАТИЗМА

В современной геологической литературе тектонические явления обычно рассматриваются в тесной корреляции с явлениями седиментогенеза (анализу этой связи уделено внимание выше), с явлениями магматизма и метаморфизма. Поэтому всесторонний анализ тектонической цикличности был бы существенно неполным без рассмотрения информации по вопросам цикличности магматизма и метаморфизма. Тесная связь явлений тектоники и магматизма принимается подавляющим большинством исследователей.

Широкое распространение получил афоризм, перефразирующий известное высказывание Клаузевица, — «магматизм есть тектоника иными средствами», в котором концентрированно отображена взаимосвязь тектонических и магматических процессов.

В представлениях о связи тектоники с магматизмом намечается несколько схем.

Большинство исследователей, по-видимому, придерживаются схемы Г. Штилле о приуроченности определенных магматических ассоциаций к определенным этапам развития геосинклинальных систем, о последовательной и закономерной смене во времени магматических проявлений разного состава, усложняя и детализируя ее (М. В. Муратов, Ю. А. Билибин, В. Е. Хаин, В. В. Белоусов, Н. П. Васильковский, Д. С. Харкевич и др.).

Рассмотрим для примера современные взгляды В. Е. Хаина и В. В. Белоусова, иллюстрирующие, насколько неоднотипны представления ученых этой группы о характере связи тектоники и магматизма.

В. В. Белоусов (1973) весьма определенно формулирует связь тектонических, магматических и метаморфических процессов в одной из своих последних работ: «Едва ли можно оспаривать то, что центральной задачей наук о твердой Земле является раскрытие причин эндогенных геологических процессов — тектонических, магматических и метаморфических. Первое, что мы должны принять во внимание, это единство эндогенных процессов. Признаки такого единства в наблюдаемых закономерных сочетаниях тектонических, магматических и метаморфических явлений позволяют говорить об определенных эндогенных режимах» (стр. 20). В. В. Белоусов считает, что триада указанных явлений тесно связана между собой, так как общей причиной этих процессов является эндогенная тепловая энергия. Анализ периодичности эндогенных процессов, осуществленный этим автором по неполной выборке различных геосинклинальных областей (без рассмотрения вопроса о представительности использованной выборки), приводит его к заключению, что в исто-

рии фанерозойских геосинклиналей существуют, с известными оговорками, общеземные эндогенные циклы с периодичностью 200 млн. лет.

Необходимо отметить, что убедительных или строгих доказательств такой цикличности В. В. Белоусов не дает. Однако связь тектонических, магматических и метаморфических явлений по В. В. Белоусову означает не их одновременность или близость во времени, а закономерную асинхронность максимумов проявлений тектогенеза, с одной стороны, и магматизма и метаморфизма, с другой. «В геосинклиналях ослабление контрастов в развитии вертикальных движений земной коры в общем совпадает со стадией регионального метаморфизма и гранитизации... Глубинное тепло на разных стадиях цикла преимущественно расходуется на разные процессы: на вертикальные контрастные движения в начале и на региональный метаморфизм и гранитизацию в середине цикла» (В. В. Белоусов, 1973, стр. 25). Очевидно, что такой вывод должен свидетельствовать о резкой неодновременности максимума тектогенеза и максимума магматизма и метаморфизма, разделенных интервалом времени, примерно соответствующим продолжительности $1/4$ геосинклинального цикла В. В. Белоусова, т. е. 50 млн. лет.

Значительное внимание взаимосвязи тектоники и магматизма уделяет В. Е. Хаин (1971, 1973 и др.). Ссылаясь на данные Г. Гэскила и М. М. Рубинштейна, В. Е. Хаин утверждает: «Статистика определений абсолютного возраста гранитных интрузий и регионального метаморфизма показывает, что существует тенденция сосредоточения максимумов гранитообразования и метаморфизма в пределах сравнительно узких временных интервалов, разделенных длительными периодами спада магматической активности. Поскольку наблюдается самая тесная связь между проявлениями гранитизации и метаморфизма, с одной стороны, и складчатостью и поднятиями, с другой, ясно, что вывод об эпизодичности первых может быть распространен и на вторые» (1971, стр. 30). Любопытно, что позднее оценки В. Е. Хаина стали более осторожными: «Перенесение закономерностей, установленных для одного из этих сопряженных во времени и пространстве процессов, на другой вполне допустимо» (1973, стр. 379—380).

Ю. А. Кузнецов, А. Л. Яншин, Н. А. Штрейс, Л. И. Красный, Н. С. Нагибина и другие исследователи подчеркивают, что проявления магматизма лишь частично контролируются этапами развития геосинклиналей. Так, Н. А. Штрейс (1968) указывает: «Стремление выделять магматогенные формации главным образом лишь в возрастной последовательности, распространяя ее в той или иной мере на всю геосинклинальную систему, и объединять таким путем формации в магматические или тектоно-магматические циклы не может раскрыть всей многогранности явлений магматизма и его связей с развивающимися структурами» (стр. 8).

Еще более определенно высказываются Ю. А. Кузнецов и А. Л. Яншин (1969), отвергающие тесную взаимосвязь складчатости и гранитообразования: «Перешедшие в наши учебники представления... об обязательной связи гранитоидов с фазами складчатости

не являются правильными. Их образование связано во времени не со складчатостью, а с интенсивными поднятиями» (стр. 69). Так как в геосинклинальной области или по соседству с ней поднятия существовали и развивались всегда, то гранитоиды в геосинклиналях и на их периферии должны рассматриваться, по мнению исследователей этой группы, не столько как проявления временной последовательности событий, сколько как признаки латерального изменения состава магматизма в зависимости от направленности движений структур и блоков земной коры. Отрицая пространственную и временную связь складчатости и гранитообразования, эти исследователи признают в то же время, что формирование гранитоидов неизменно происходит только на фоне активных тектонических поднятий.

Здесь уместно отметить, что выделяемые выше тектонические эпохи в равной мере являются эпохами усиления складкообразования и поднятий. Поэтому взгляды исследователей обеих групп не представляются нам резко противостоящими друг другу. Во всяком случае все они признают преимущественную приуроченность гранитообразования к тектонически активным эпохам усиления складкообразования и поднятий. Поскольку тектонически активные глобальные эпохи есть эпохи активного проявления движений обоих типов и нет ни одной тектонически активной эпохи, где усиление складкообразования не сопровождается одновременным усилением поднятий, различия взглядов двух упомянутых групп ученых в аспекте наших исследований следует признать несущественными.

Выяснение подлинной картины развития магматизма и метаморфизма в истории Земли остается насыщенной задачей, необходимость решения которой очевидна. На нынешнем этапе развития геологических знаний мы еще весьма далеки от подсчета объемов и массы магматических тел разного состава, накопленных в различные интервалы геологического времени, хотя заключения о цикличности магматизма систематически предпринимаются (В. Е. Хаин и др.).

Как показывает анализ имеющихся литературных материалов, из всей совокупности магматических и метаморфических проявлений наиболее подробно изучен вопрос о распределении во времени гранитоидных массивов. Данные о проявлениях магматизма иного состава и метаморфизма изучены и обобщены в гораздо меньшей степени и потому мало пригодны для анализа глобальных закономерностей. Поэтому ниже наибольшее внимание мы будем уделять рассмотрению общемировых временных закономерностей распределения гранитоидов, которые доминируют среди магматогенных пород континентов.

Несомненно, при строгом статистическом анализе количества гранитоидов следует учитывать их принадлежность к различным магматическим формациям, к различным стадиям развития геосинклиналей или к различным латеральным рядам структур, учитывать особенности величины и морфологии массивов, состава, минерализации и металлогенической специализации гранитоидов.

Однако необходимость оперировать при статистическом анализе наборами больших чисел и дискуссионность во многих случаях

оценок названных особенностей гранитоидов не позволяют на данной стадии исследований выходить за рамки рассмотрения гранитоидов как единой обобщенной совокупности, что принимается всеми исследователями при изучении глобальных особенностей изменения масштабов магматизма.

§ 1. О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ГРАНИТОИДОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ЦИКЛИЧНОСТИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Статистический анализ информации о возрасте гранитоидов требует предварительного рассмотрения вопроса о точности определения этого возраста. Очевидно, что любые представления о генезисе гранитоидов предусматривают достаточно длительный этап формирования гранитных массивов. Однако признание этого положения в общем виде недостаточно, необходимо выяснить, как длительно происходит становление гранитоидных тел, какой момент их формирования фиксируется при оценках абсолютного возраста по различным минералам, наконец, какова точность самих методов определения абсолютного возраста.

Наиболее просто и наиболее строго решается вопрос о точности определения абсолютного возраста. Основное количество определений абсолютного возраста гранитоидов выполнено калий-аргоновым методом, точность которого может рассматриваться определяющей при статистическом анализе. Как показали исследования специальных контрольных эталонных проб, точность определения возраста калий-аргоновым методом должна быть оценена примерно в $\pm 5\%$, поэтому аналитическая погрешность предопределяет невозможность характеристики возраста гранитоидов одной цифрой, свидетельствует лишь об определенном возрастном интервале, абсолютная длительность которого тем больше, чем больше возраст породы.

Как известно, калий-аргоновым методом оценивается возраст застывания гранитоидных тел или их компонентов до температуры 300°C , при достижении которой возникает равновесное состояние калия и радиогенного аргона. Поэтому многофазные термальные воздействия, испытанные породой, несомненно, приводили к удалению радиогенного аргона из зон прогрева выше 300°C , в связи с чем фактические оценки абсолютного возраста калий-аргоновым методом всегда характеризуют время последнего интенсивного прогрева (метаморфизма) породы.

Для определений абсолютного возраста наиболее широко используются слюды и калиевые полевые шпаты. Расхождения при определениях возраста по различным минералам, как установлено специальными исследованиями, для гранитоидов одной и той же фазы достигают 10—15 млн. лет, разница между возрастом пород и выделенных из них слюд составляет 5—21%, возрасты пород и полевых шпатов весьма близки (И. А. Загрузина, 1973, 1975 и др.).

В оценках длительности становления гранитоидных формаций и отдельных гранитоидных тел отмечается большая пестрота.

Л. Н. Овчинников с соавторами (1973), изучая на Южном Урале Сыростанский массив гранитоидов площадью 120 км², установили, что весь процесс формирования главных разновидностей гранитоидов по определениям абсолютного возраста калий-аргоновым методом по слюдам и микроклину составил примерно 65 млн. лет и продолжался с 359 до 285—297 млн. лет.

По данным Л. В. Фирсова, формирование Магаданского батолита заняло около 60 млн. лет; аналогичные данные получены зарубежными исследователями для мезозойских батолитов американского обрамления Тихоокеанского кольца.

П. В. Ермолов и др. (1975) установили, что время формирования пермских по геологическим данным массивов гранитов Жарминского и Калбинского поясов характеризуется следующими цифрами абсолютного возраста: Жарминский массив — 295 ± 6 млн. лет (15 проб), Керегетас-Эспинский — 288 ± 4 млн. лет (4 пробы), Кандыгатайский — 286 ± 5 млн. лет (7 проб), Калбинский, I фаза — 290—295 млн. лет (10 проб), Калбинский, II фаза — 285—290 млн. лет (5 проб), Монастырский — 280—285 млн. лет (7 проб). Таким образом, при времени формирования единичного массива в 5—10 млн. лет время становления комплекса характеризуется примерно 15—20 млн. лет.

И. Г. Пальшин и др. (1974) установили, что внедрение крупных гранитных батолитов на Родопском срединном массиве происходило в интервале 45—34 млн. лет, и диапазон в 10—11 млн. лет считают максимально возможным интервалом времени формирования гранитов.

Вместе с тем согласно исследованию Э. Н. Эрлиха и И. В. Мелекесцева (1973) по западной части Тихоокеанского кольца в четвертичное время формирование мощных толщ вулканических пород (и комагматичных интрузий жерловых фаций) и тектонические пароксизмы продолжаются лишь 50—70 тыс. лет. Применение точных датировок абсолютной геохронологии позволило сделать вывод о том, что мощные комплексы магматических пород, датируемые ранее ярусами или отделами, формируются в периоды очень коротких интервалов времени продолжительностью в десятки и сотни тысяч лет.

Ю. П. Трошин и В. И. Гребенщикова (1974) детально исследовали верхнеюрский массив гипабиссальных гранитов в Восточном Забайкалье, обнаженный на площади 70 км², и установили, что формирование интрузива заняло от 190 до 450 тыс. лет.

При исследовании молодых гранитоидов Кавказа А. М. Борсук (1972) определил, что время формирования массивов (возраста до 5 млн. лет) составляет $\pm 0,15 \div \pm 0,25$ млн. лет.

Е. М. Головин (1974), обобщив данные для 32 гранитоидных комплексов Памиро-Тянь-Шаня, установил, что шесть из них характеризуются длительностью становления до 10 млн. лет, восемь — от 10 до 20 млн. лет, девять — от 20 до 30 млн. лет, шесть — от 30 до 40 млн. лет и три — более 40 млн. лет.

Н. Л. Добрецов, Н. В. Попов (1974) и И. А. Загрузина (1974, 1975) определили, что однородные массивы площадью до 150 км²

обычно формируются 10—20 млн. лет, однако становление крупных (более 200 км²) гранитоидных плутонов сложного строения, именуемых полихронными, охватывает более продолжительный срок — до 100—150 млн. лет. Отмечается относительно большая продолжительность формирования сининверсионных плутонов по сравнению с постинверсионными, продолжительность становления которых не превосходит 50 млн. лет.

Нам представляется, что имеющиеся весьма противоречивые данные не позволяют в настоящее время выработать убедительные критерии оценок подлинной длительности становления тех или иных гранитоидных массивов.

Очевидно, что длительность становления гранитоидных интрузивов существенно зависит от способа формирования, глубины застывания, числа фаз, размеров тела и других факторов. В общем случае длительность становления небольших однофазных массивов, по-видимому, продолжается менее 1 млн. лет, в то время как многофазные массивы крупных размеров, особенно образующиеся полингенным путем, формируются десятки миллионов лет. Единичные или даже средние цифры абсолютного возраста, полученные для этих массивов, вероятно, без специальной обработки не могут быть использованы для совокупного статистического анализа с целью корреляции гранитоидного магматизма и среднечастотной тектонической глобальной цикличности.

Детальное исследование датировок во многих районах ведет к появлению непрерывного ряда цифр, без четко выраженных максимумов распределения, соответствующих отдельным формационным комплексам гранитоидов.

Такая ситуация отмечается, например, И. А. Загрузиной для мезозойских интрузий Северо-Востока СССР, Л. Н. Овчинниковым для палеозойских интрузий Урала и др.

Предварительное рассмотрение точности исходных данных показывает, что она зависит от величины абсолютного возраста. Поэтому «чувствительность» нашего анализа недостаточна для выделения циклов длительностью менее 10 млн. лет в палеогене и древнее и среднечастотных циклов длительностью до 25 млн. лет для раннего палеозоя. Возможности выделения таких среднечастотных циклов в позднем палеозое, мезозое и палеогене не ясны; они, по-видимому, гораздо более благоприятные, хотя использование разнородных данных, несомненно, будет существенно увеличивать дисперсию датировок.

Вместе с тем имеющиеся данные по вероятным аналитическим погрешностям определения и по объективной дисперсии датировок, обусловленной растянутостью во времени процесса становления, таковы, что возможности выделения низкочастотной цикличности при статистической обработке данных являются вполне благоприятными.

Это позволяет рассчитывать на выделение низкочастотной глобальной цикличности магматизма, если она действительно существует.

§ 2. ОБСУЖДЕНИЕ ДАННЫХ И ВЫВОДЫ О ЦИКЛИЧНОСТИ ГРАНИТОИДНОГО МАГМАТИЗМА

При изучении количественных характеристик распространения гранитоидов наметилось два направления. Первое из них реализуется в единичных работах по отдельным относительно изученным регионам. Это направление исследований предусматривает подсчет площадей интрузий определенного возраста, обнажающихся на современном эрозионном срезе или на поверхности фундамента.

Наиболее значительная работа этого направления выполнена А. Кнопфом (1955), который подсчитал площади интрузий разного возраста в Северной Америке (рис. 17). Площадь распространения кайнозойских интрузий составляет 134,2 тыс. км², мезозойских — 593,4 тыс. км², палеозойских — 178 тыс. км², докембрийских — 5160 тыс. км². Обращает на себя внимание относительно резкое усиление магматизма в мезозое. Это усиление становится особенно заметным, если подсчитать параметр площади разновозрастных интрузий на 1 млн. лет. Полученные значения для кайнозоя составили 2060 км², для мезозоя 3600 км², для палеозоя 520 км².

Аномально интенсивное развитие гранитоидов в мезозое отмечали многие зарубежные и советские исследователи. Ф. Я. Корытов (1972) приходит к заключению, что поздний мезозой и кайнозой по объему гранитоидных интрузий и излияний базальтовой магмы в единицу времени являются беспрецедентными в истории Земли.

Вместе с тем очевидно, что все заключения такого типа сделаны по материалам Тихоокеанского кольца и не могут претендовать на общепланетарную значимость без проведения аналогичного анализа по другим сегментам Земли.

Одна из интересных работ по количественной оценке магматизма Средней Азии выполнена К. Л. Бабаевым (1963). Разделяя горные сооружения Средней Азии на Северо-Тяньшаньский, Южно-Тяньшаньский и Памирский пояса, этот исследователь показал, что каждый из поясов характеризуется специфичным распространением гранитоидов, охватывающим соответственно 38, 17 и 18% площади. В обоих Тяньшаньских поясах среди интрузивных пород доминируют гранитоиды, занимающие 98—99% площади интрузивов. Распределение интрузий по возрасту согласно К. Л. Бабаеву отличается заметным схематизмом (рис. 18, А₁, Б₁) и не привязано к абсолютному возрасту. Отдельные сходные оценки площадного распространения интрузий имеются для районов Забайкалья, Северо-Востока СССР, отдельных районов Казахстана и Урала.

На составленной во ВСЕГЕИ карте магматических формаций СССР масштаба 1 : 2 500 000 (1971) выделены интрузивные комплексы различных формаций и возраста, однако их возрастная датировка привязана к геосинклинальным циклам и не завершена цифрами абсолютного возраста, что делает невозможным независимое выполнение объективного количественного анализа распределения гранитоидного магматизма во времени для целей выделения цикличности по этой карте.

Второе направление исследований количественных характеристик магматизма с самого начала основывалось на материалах абсолютной геохронологии.

В работах Л. Н. Овчинникова, В. А. Дунаева, А. А. Краснобаева (1964) по Уралу и А. Я. Крылова по Средней Азии (см. рис. 17) на основании определений абсолютного возраста гранитоидов выделены крупные этапы магматической активизации в кембрии — ордовике, ордовике — силуре, девоне — карбоне и верхнем палеозое. На Памире циклы магмообразования приурочены к верхнему мелу и палеогену — неогену.

Каждому циклу магматической активизации соответствует синхронный или сдвинутый во времени этап регионального метаморфизма.

В 1967 г. М. М. Рубинштейн предпринял попытку обобщить накопленный материал по абсолютной геохронологии магматических преимущественно гранитоидных комплексов фанерозоя различных регионов мира. На основании обобщения свыше 300 отечественных и зарубежных публикаций, в которых использовано несколько тысяч геохронологических определений, автор приходит к заключению, что в планетарном масштабе отмечается одновременность основных этапов гранитообразования и метаморфизма и соответствующих орогенических фаз.

Цифры начала и конца каждого периода магматической активизации М. М. Рубинштейн рассматривает как крайние рубежи соответствующего этапа орогенеза и среднее значение этих цифр условно считает возрастом соответствующей складчатости. Например, период активного магматизма в интервале 34—38 млн. лет он считает связанным с пиренейской фазой орогении (возраст 36 млн. лет), а период повышенной интенсивности магматизма в интервале 195—210 млн. лет — с древнекиммерийской фазой орогении (возраст 202 млн. лет). Длительность орогенической фазы автор предполагает в пределах 3—5 млн. лет.

По данным М. М. Рубинштейна (см. рис. 17) в течение последних 250 млн. лет геологической истории выделяется 16 этапов магматической активизации, длительность которых закономерно возрастает от 1—4 млн. лет в неогене до 15 млн. лет в раннем мезозое и 30 млн. лет на рубеже перми и триаса. Средняя продолжительность магматических этапов составляет 8 млн. лет. Длительность амагматических периодов варьирует от 1,5—4 до 14 млн. лет, составляя в среднем 6,5 млн. лет; отмечается эволюционное сокращение длительности магматических и межмагматических эпох в неогене. Используя эти данные для обоснования цикличности магматизма, М. М. Рубинштейн выделяет в палеозое дополнительно 13 максимумов магматизма. Однако использованные автором материалы, по нашему мнению, никак не позволяли намечать такие максимумы в палеозое.

Поскольку данные М. М. Рубинштейна используются В. Е. Хаином в учебнике «Общая геотектоника» (1973, стр. 379—380) как «магматическое» подтверждение четкой периодичности тектонических

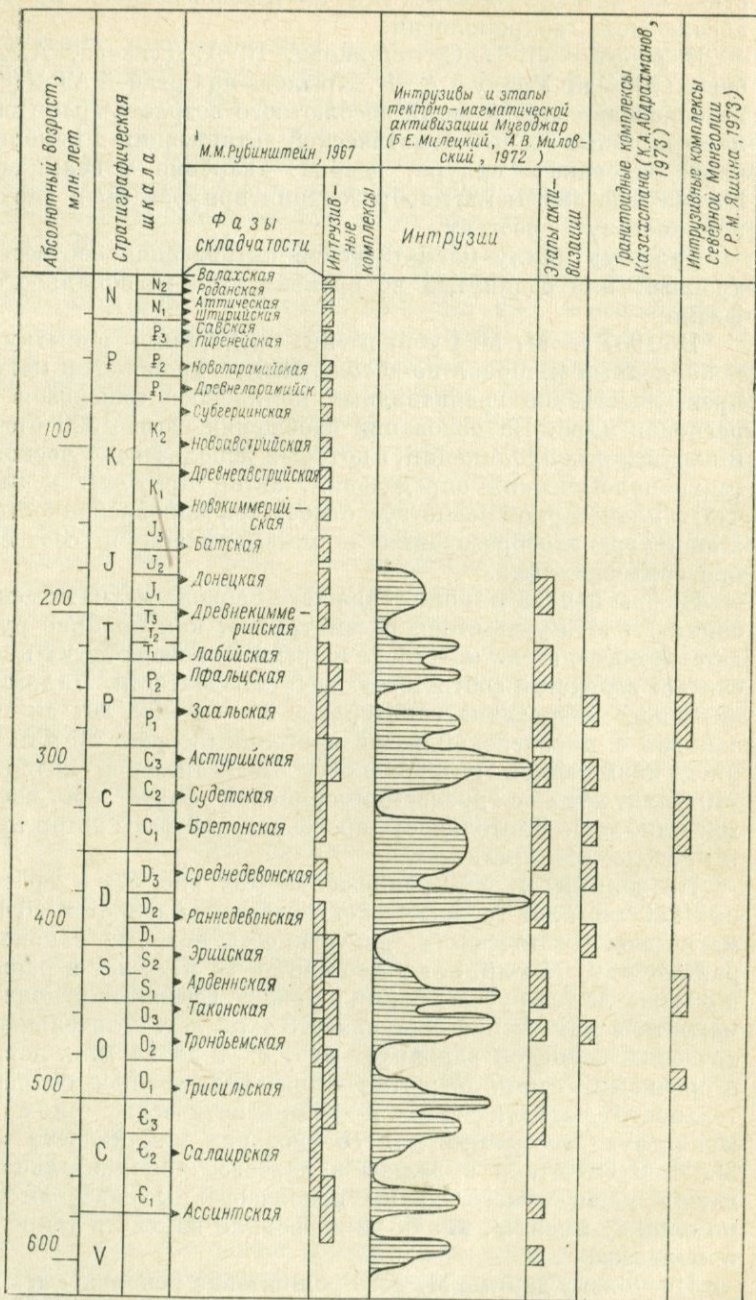
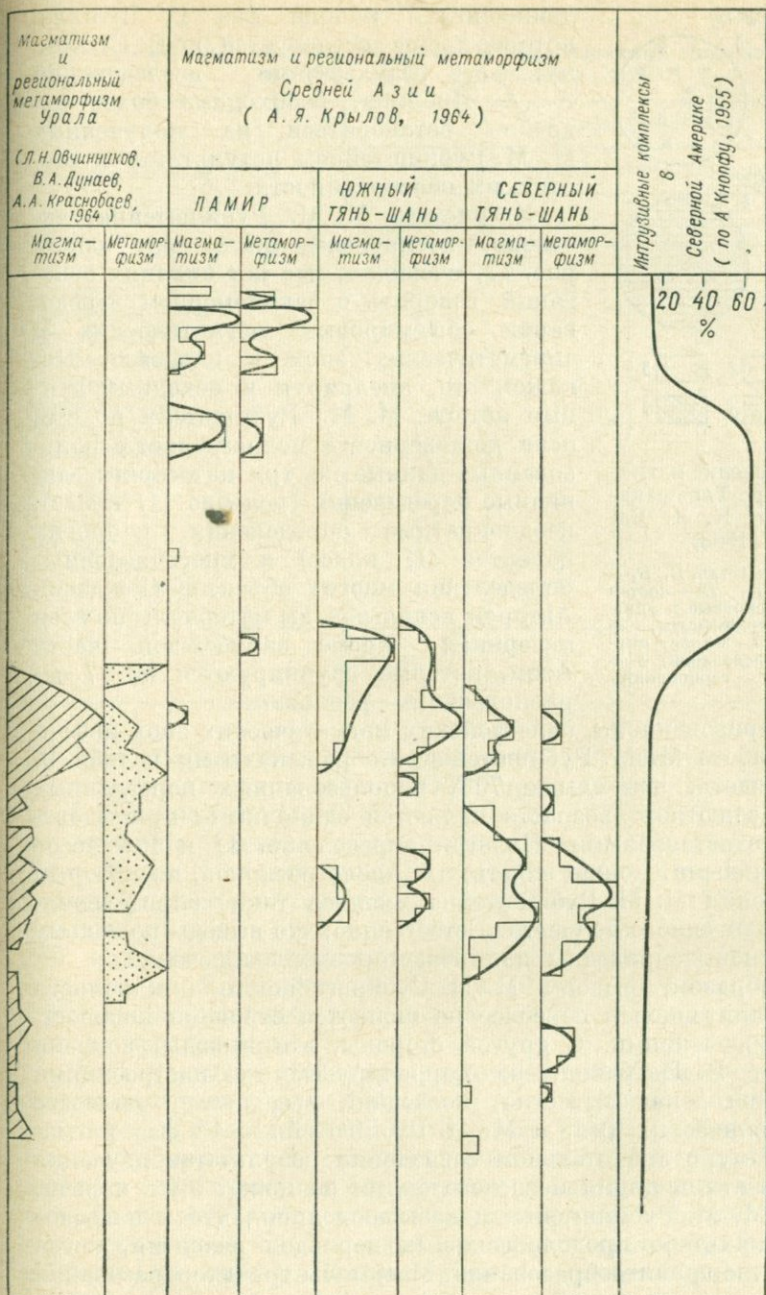


Рис. 17. Распределение магматических и метаморфических комплексов



ксов в фанерозое (по данным определений абсолютного возраста)

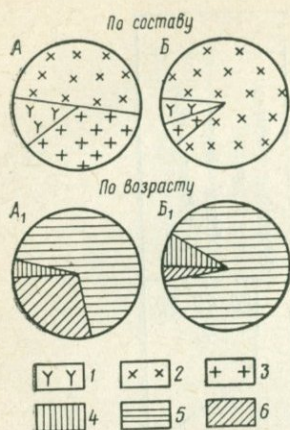


Рис. 18. Проявление магматизма в Северо-Тяньшаньском поясе (по К. Л. Бабеву, 1963)

А, А₁ — северная ветвь, Б, Б₁ — южная ветвь; А, Б — состав интрузий; 1 — основные и ультраосновные, 2 — гранитоиды, 3 — граниты; А₁, Б₁ — возраст интрузий: 4 — докаледонский, 5 — каледонский, 6 — герцинский

движений» и канона фаз Г. Штилле, которое хорошо согласуется, по В. Е. Хаину, с результатами исследований А. А. Пронина, необходимо более подробно остановиться на полученных М. М. Рубинштейном результатах и степени их обоснованности.

Из рисунка М. М. Рубинштейна, частично воспроизведенного на нашем рис. 17, очевидно, что нет никаких оснований говорить о закономерном чередовании общемировых магматических и амагматических эпох в палеозое. Покажем это, апеллируя к исходным данным автора. М. М. Рубинштейн по степени достоверности подразделяет использованные данные на три категории: единичные определения (условно III класс), неоднократные определения немногих объектов (II класс) и многочисленные определения многих объектов (I класс). Автором использованы материалы по всем материкам, кроме зарубежной части Азии, которые группируются по 17 неравновеликим регионам.

Охарактеризованность палеозойских магматических эпох информацией в работе М. М. Рубинштейна отображена нами в табл. 9.

Легко видеть, что свыше 70% использованных порегионных значений абсолютного возраста являются единичными и, следовательно, малодостоверными. Полагая определения II и I классов представительными, можно видеть, что число регионов, по которым в распоряжении М. М. Рубинштейна имелись такие определения, варьировало от одного до шести. Естественно, что выводы по такому числу регионов непригодны для общемировых заключений.

Таким образом, выводы М. М. Рубинштейна о цикличности развития гранитоидов в палеозое не являются строгими количественными заключениями. С другой стороны, эти выводы, вопреки заключениям В. Е. Хаина, не коррелируются с построениями А. А. Пронина — как известно, последний выделяет в палеозое восемь тектонических фаз, а М. М. Рубинштейн — 14 фаз магматизма. Поэтому о значительном совпадении результатов изучения цикличности этими двумя исследователями не может быть и речи. Материалы М. М. Рубинштейна показывают лишь, что в палеозое не было каких-либо продолжительных периодов развития, когда не происходило гранитообразования. Масштабы гранитообразования в течение палеозоя сохраняются неизменно примерно на одном уровне, что по существу означает невозможность выделения каких-либо магматических общемировых циклов, особенно низкочастотных.

Охарактеризованность информацией магматических эпох палеозоя
в работе М. М. Рубинштейна (1967)

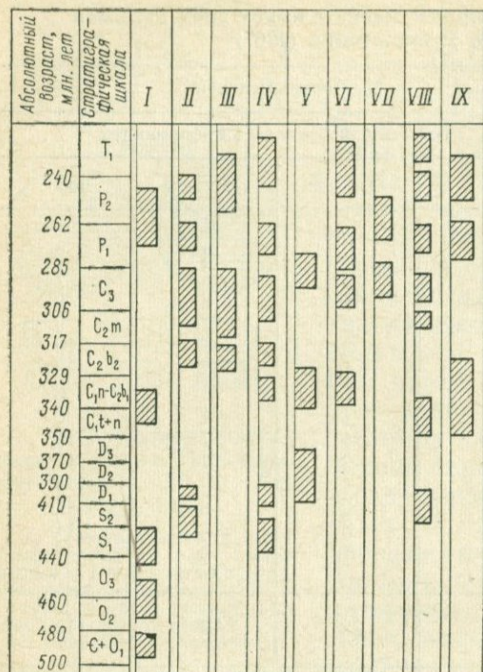
Тектонические эпохи	Число регионов			
	Охарактеризованность информацией			
	I класс	II класс	III класс	Всего
Ассиитская	—	—	3	3
Салаирская	—	2	5	7
Трисильская	—	1	8	9
Трондjemская	—	2	7	9
Таконская	—	3	7	10
Арденская	—	1	2	3
Эрийская	1	2	6	9
Раннедевонская	3	1	4	8
Среднедевонская	2	1	7	10
Бретонская	1	2	7	10
Судетская	1	1	5	7
Астурийская	4	2	6	12
Заальцкая	1	4	6	11
Пфальцкая	—	1	6	7
	13	23	79	115

Закономерности развития фанерозойского тектоно-магматического процесса для ряда районов СССР сравнительно детально исследованы в последние годы. Е. М. Головин (1974) обобщил около 3000 определений абсолютного возраста магматических пород Памиро-Тянь-Шаня. Составленная этим автором схема геохронологии главных магматических комплексов Памиро-Тянь-Шаня наглядно свидетельствует о том, что здесь в интервале времени от 500 до 240 млн. лет непрерывно происходили магматические процессы, которые не были синхронными в разных регионах (рис. 19, а). Продолжаясь непрерывно, тектоно-магматический процесс мигрировал в пространстве.

Р. О. Радкевич (1974) для характеристики развития магматизма и метаморфизма Кавказа использовала 545 датировок абсолютного возраста, в том числе 167 по Малому Кавказу. Эти определения она сгруппировала по интервалам в 22 млн. лет (рис. 19, б). Обращает на себя внимание непрерывное развитие магматизма на Кавказе с относительным усилением в юрско-меловое время. Любопытно, что «амагматические режимы» палеозоя, оцененные М. М. Рубинштейном, на схеме магматизма и метаморфизма Кавказа отражения не находят, а к одному из них (на границе карбона и девона) даже приурочен относительный максимум метаморфизма и магматизма.

Анализ данных М. М. Рубинштейна для мезозоя — кайнозоя показывает, что для большинства выделяемых эпох магматизма

а



б

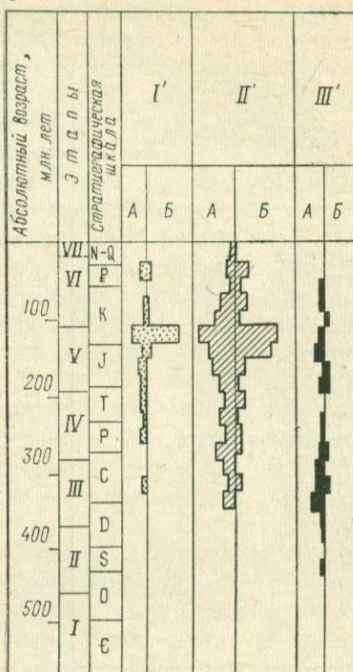


Рис. 19. Геохронология главнейших магматических комплексов Кавказа, Тянь-Шаня и Памира

а — распространение кислых и средних магматических пород в Тянь-Шане и на Памире (по Е. М. Головину, 1974, с упрощениями): I — Северный Тянь-Шань; Срединный Тянь-Шань, зоны: II — Чаткальская, III — Нарынская, IV — Кураминская; Южный Тянь-Шань, зоны: V — Нуратинская и Кызылкумская, VI — Туркестанская и Алайская, VII — Кокшаальская, VIII — Южно-Гиссарская, IX — Северный Памир.

б — распространение в фанерозе кислых и средних магматических пород на Кавказе (по Р. О. Радкевич, 1974): I' — средние породы, II' — кислые породы, III' — метаморфические породы; А — Большой Кавказ, Б — Малый Кавказ

материалы I и II классов достоверности имеются только для Кордильер и восточной части Азии, т. е. для части Тихоокеанского кольца. Поэтому синтез информации для мезозоя — кайнозоя остается далеко не общемировым.

Для мезозоя — кайнозоя А. А. Пронин выделяет пять тектонических эпох, причем эти тектонические эпохи существенно не согласуются с 15 магматическими эпохами М. М. Рубинштейна. Поэтому на основании сопоставления результатов этих авторов нельзя делать заключение о совпадении эпох повышенной активности гранитообразования и тектогенеза.

Следует отметить, что исследования последних лет не содержат синтеза информации, равного по охвату материалам М. М. Рубинштейна (1967). Вместе с тем результаты, содержащиеся в более поздних публикациях, нередко дают иную трактовку закономерностей гранитообразования.

И. А. Загрузина (1973, 1974, 1975) подробно рассмотрела время формирования гранитоидных формаций Северо-Востока СССР. Любопытно, что наряду с максимумами гранитообразования, учтенными в сводке М. М. Рубинштейна, здесь выделяются и гранитоидные формации иного возраста. Так, в Яно-Колымской области выделяется поздняя гранодиоритовая формация с модальным значением абсолютного возраста 110 млн. лет, соответствующим амагматическому интервалу между новоавстрийской и древнеавстрийской эпохами М. М. Рубинштейна.

И. А. Загрузина отмечает, что при объединении всех данных абсолютного возраста по гранитоидам Северо-Востока СССР получается равномерное распределение, гистограмма которого не позволяет надежно выделить даже геологически хорошо изученные специфические гранитоидные комплексы.

Для постинверсионных гранитоидов Тихоокеанских мезозоид И. А. Загрузина (1974) приводит непрерывные ряды цифр абсолютного возраста от 45 до 60 млн. лет и от 70 до 110 млн. лет, а для сининверсионных массивов гранитообразование происходило непрерывно от 80 до 170 млн. лет. Оценивая общие особенности становления гранитоидов, И. А. Загрузина считает постинверсионные гранитоиды практически синхронными (позднемеловыми), а сининверсионные гранитоиды — скользящими во времени от триаса до середины мела, причем именно к этим гранитоидам отнесены уникальные плутоны Береговых хребтов (площадью 143 тыс. км²), Сьерра-Невада (39 тыс. км²), Боулдер (5 тыс. км²), Сихотэ-Алиньский (1,5 тыс. км²), Бирмано-Алтайский и Северо-Американский пояса гранитоидных батолитов протяженностью соответственно в 3000 и 6000 км.

В 1973 г. опубликовано исследование Д. Гиллули, содержащее анализ 1224 определений абсолютного возраста проявлений магматизма в Кордильерах от Аляски до Калифорнии. Согласно этим данным с конца палеозоя не было ни одного интервала продолжительностью более 5 млн. лет без проявлений магматизма (рис. 20). Распределение числа интрузий носит полимодальный характер с максимумами для этого региона в 150, 85 и 20 млн. лет. Особенно выразителен максимум, приуроченный к рубежу олигоцена и миоцена.

Исследования М. М. Рубинштейна по мезозойско-кайнозойскому магматизму опираются на данные по Тихоокеанскому кольцу, а из работ И. А. Загрузиной (1974) и Д. Гиллули (1973) по двум наиболее изученным областям этого кольца следует, что при дальнейшем — после работы М. М. Рубинштейна — накоплении информации статистическое распределение возраста гранитоидов не позволяет выявить циклического усиления и ослабления гранитообразования в мезозое и кайнозое с выделением 15 пар магматических и амагматических эпох.

В последние годы опубликованы новые результаты геохронологических исследований гранитоидов Северной Монголии (Р. М. Яшина и др., 1973), Мугуджар (Б. Е. Милецкий, А. В. Миловский, 1972), Узбекистана (П. Т. Азимов и др., 1970), Урала (Л. Н. Овчинников и др., 1972), Центрального и Восточного Казахстана

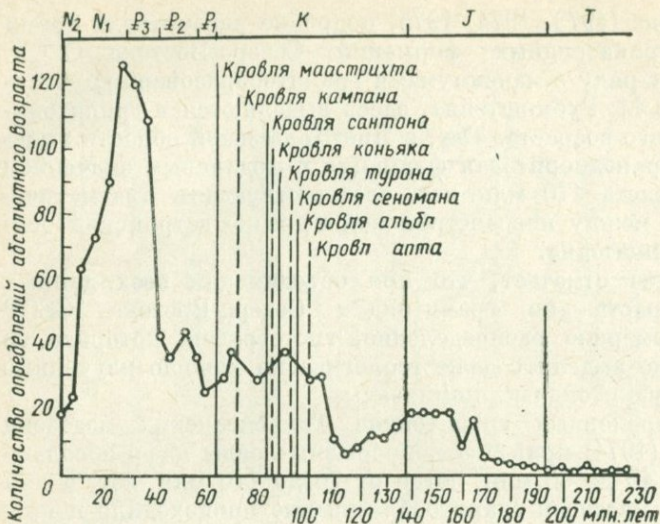


Рис. 20. График изменения количества определений абсолютного возраста интрузий и вулканитов в мезозое — кайнозое (по Д. Гилули, 1973)

(К. А. Абдрахманов, 1973) и ряда других районов, существенно дополняющие схему М. М. Рубинштейна.

На рис. 17 приведены материалы по Южному Уралу и Мугоджарам, где Б. Е. Милецкий и А. В. Миловский (1972) выделяют 11 этапов тектоно-магматической активизации в палеозое и триасе длительностью от 5 до 25 млн. лет в среднем 13 млн. лет. Анализ распределения возрастных датировок на временной шкале показывает, что длительность магматических этапов несколько больше и колеблется в пределах от 5 до 35 млн. лет, в среднем 19 млн. лет. Этап считается амагматическим, если на него падает 0—1% определений. Длительность амагматических этапов колеблется по уточненным данным от 20 до 35 млн. лет (в среднем 21 млн. лет).

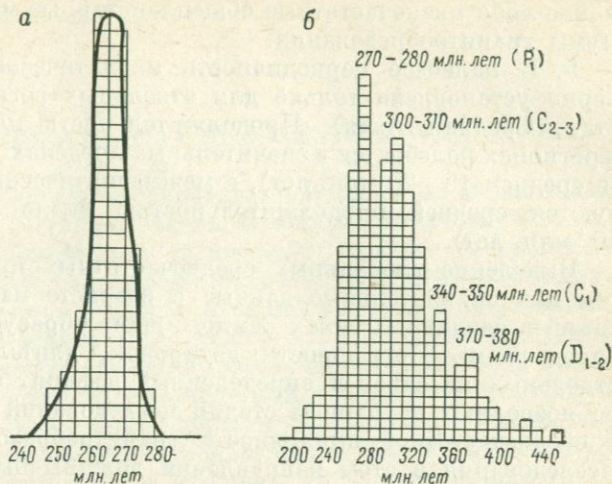
В Казахстане К. А. Абдрахманов (1973) выделяет семь этапов интенсивного гранитообразования в палеозое продолжительностью от 10 до 20 млн. лет (средняя продолжительность 16 млн. лет), амагматические этапы продолжаются 10—40 млн. лет (в среднем 22 млн. лет).

В Узбекистане выполнено свыше 540 определений абсолютного возраста гранитоидов, позволяющих составить представительные гистограммы о распределении возраста для массивов Западного Узбекистана и Чаткало-Кураминского региона (рис. 21, а, б).

Как видно из приведенных рисунков, новые данные абсолютного возраста по названным районам СССР полностью закрывают «амагматические окна» на палеозойской шкале магматизма М. М. Рубинштейна. Любопытно, что к амагматическим интервалам этой шкалы (340—355 и 370—380 млн. лет) приурочены интенсивные максимумы гранитообразования в Мугоджарах, в Чаткало-Кураминском регионе. Тем самым непрерывность гранитообразования в палеозое может считаться доказанной вполне достоверно.

Рис. 21. Абсолютный возраст гранитоидных образований Узбекистана (по П. Т. Азимову и др., 1970)

а — граниты Западного Узбекистана; б — гранитоиды Чаткало-Кураминского региона



Рассмотрение информации по цикличности гранитоидного магматизма позволяет сделать следующие выводы.

1. Статистическая обработка данных об абсолютном возрасте гранитоидов по отдельным относительно небольшим регионам (Средняя Азия, Урал и т. п.) при использовании массивов из нескольких сотен чисел позволяет выделить максимумы и минимумы гранитообразования продолжительностью в десятки миллионов лет, в единичных случаях (Узбекистан) формирующих и более низкочастотные циклы. Вместе с тем имеются крупные регионы, где аналогичная обработка информации свидетельствует о непрерывном распределении во времени гранитообразования (палеозойские граниты Средней Азии и Кавказа, мезозойские и кайнозойские граниты Северо-Востока СССР, Кордильер, Кавказа). Такие результаты показывают, что методика статистической обработки данных датировок возраста гранитоидов несмотря на объективные трудности и аналитические погрешности может эффективно применяться.

2. Обобщение данных по всем материкам со всей очевидностью свидетельствует о том, что ни один из интервалов фанерозойской истории не является амагматическим. Формирование гранитоидов происходило непрерывно, и в общемировой совокупности имеются гранитоиды любого возраста. В этом смысле отмечается хорошая корреляция между проявлениями тектогенеза и гранитообразования, которые на планете в фанерозое происходили непрерывно.

3. Достаточно строгий и представительный общемировой синтез данных об изменении во времени масштабов гранитообразования еще не выполнен. В настоящее время возможно лишь составление предварительных материалов, однако методика таких сводок не разработана.

4. Имеющиеся данные о распределении во времени датировок абсолютного возраста гранитоидов не позволяют наметить уверенно

какие-либо низкочастотные общепланетарные максимумы или минимумы гранитообразования.

5. В палеозое периодичность магматических процессов достоверно установлена только для отдельных регионов (Урал, Казахстан, Средняя Азия). Продолжительность магматических этапов в регионах колеблется в значительных пределах — от 5 до 25 млн. лет (в среднем 15—20 млн. лет), а межмагматические эпохи характеризуются средней продолжительностью около 20 млн. лет (10—40 млн. лет).

Выделение глобальных среднечастотных циклов неправомерно, так как сравнительные данные о возрасте магматических образований в различных зонах Земного шара образуют непрерывный ряд определений. Погрешности датировок, длительность становления отдельных массивов и определенный дефицит общемировых сводок не позволяют на данной стадии исследований обоснованно судить о среднечастотной цикличности гранитообразования в фанерозое. Исследования в этом направлении должны быть продолжены.

Вместе с тем двухтактный магматический цикл отдельных регионов (15—20 млн. лет магматической активности — 20 млн. лет амагматического этапа) хорошо согласуется с глобальной тектонической цикличностью такой же периодичности, установленной выше. Это является косвенным подтверждением того, что тектоническая активизация и магматизм обусловлены одними причинами.

6. Распределение магматических эпох по интенсивности в настоящее время невозможно, так как отсутствуют сравнительные данные по количеству магматических выплавок для различных этапов земной истории. Отдельные заключения (В. Е. Хаин и др., 1975) о приуроченности максимума гранитообразования в фанерозое к границе раннего и позднего мела (100—115 млн. лет) на основании приведенных данных о длительности становления сининверсионных гранитоидов Тихоокеанского кольца представляются недостаточно обоснованными. В течение фанерозоя общее снижение магматической активности, возможно, намечается лишь для кембрийского периода.

ЦИКЛИЧНОСТЬ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТОВ В ФАНЕРОЗОЕ

Геологические явления многообразны и обусловлены различными факторами. Важная составная часть совокупности геологических явлений — явления экзогенные. Экзогенные явления и процессы в значительной мере обуславливают развитие органического мира, набор, химический состав и внешний облик осадочных отложений, формирующихся в поверхностных условиях. Климат существенно влияет на фауну и флору, определяя особенности среды обитания.

Следовательно, с позиций органической теории генезиса нефти и газа климат в большей степени должен сказываться на исходном органическом веществе. Климатические пояса резко различаются по обилию видов растительности и животных. Если в тропических зонах число видов измеряется десятками тысяч, то в приполярных областях оно измеряется лишь сотнями. Поскольку органический мир развивается за счет потребления солнечной энергии, концентрация и консервация которой является в конечном итоге содержанием процессов нефтегазообразования, важно подчеркнуть, что климатические зоны принципиально отличаются по радиационному балансу. В экваториальных зонах (между 40° с. ш. и 40° ю. ш.) на 1 см^2 поверхности в год поступает 60—140 килокалорий, температура поверхностных вод в океане варьирует от 15 до 30° С. В полярных областях радиационный годовой баланс отрицателен из-за снежно-ледового покрова, и условия для накопления энергии биосферой неблагоприятны. Поэтому изучение закономерностей глобального нефтегазообразования в качестве одного из направлений должно учитывать анализ климатов геологического прошлого.

Наука о восстановлении климатов прошлого — палеоклиматология — превратилась в один из разделов наук о Земле, тесно связанный с литологией, учением о формациях, палеотектоникой и другими геологическими дисциплинами. Однако климат геологического прошлого Земли и закономерности его изменения изучены еще очень слабо.

Геологическая летопись свидетельствует о том, что климат различных участков Земли не остается постоянным. Изменение климата в отдельных участках земной поверхности может происходить при изменении палеоширот (при миграции полюса или горизонтальном перемещении блоков литосферы по меридиану), при изменении направлений морских палеотечений и палеоветров, наконец, при значительных поднятиях и в зависимости от ряда местных причин.

Однако внимание геологов издавна привлекали и общепланетарные изменения климата. Наиболее ярким свидетельством таких изменений служит недавнее оледенение, многочисленные следы которого хорошо изучены в средних широтах СССР, многих стран

Европы и Америки. Именно такие общепланетарные изменения климата, выявление их закономерностей и являются предметом нашего рассмотрения.

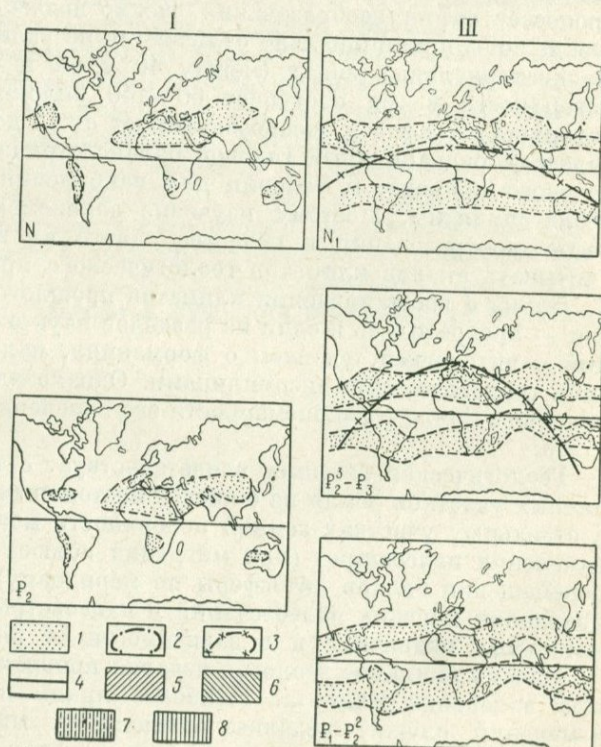
Изучение климатов геологического прошлого является сложной задачей. Современные климатические зоны отличаются уровнем среднегодовых температур, количеством и условиями формирования осадков, специфической растительности и животного мира. Именно фауна и флора вследствие значительной скорости распространения сигналов в биологической сфере являются наиболее чуткими индикаторами изменения климатов и реагируют на эти изменения адаптацией, изменением ареалов обитания или вымиранием отдельных видов, родов и более крупных таксонов.

Трудности изучения климатов прошлого определяются рядом обстоятельств. Во-первых, общеизвестно, что современный климат является аномальным. Пока еще нет убедительной общепризнанной модели нормального климата Земли или его параметров в геологическом прошлом. Поэтому при оценке климатов прошлого следует при выяснении экологии вымершей фауны и флоры с известной осторожностью использовать принцип актуализма. Во-вторых, такой важный индикатор современной климатической зональности, как растительный мир, может учитываться лишь со второй половины

Рис. 22. Схема климатической зональности кайнозоя, мезозоя, палеозоя

1 — аридные пояса; предполагаемое положение экватора; 2 — по Н. М. Страхову, 3 — по Л. Б. Рухину (1963); 4 — современное положение экватора; тропические зоны с флорой типа: 5 — сврамерийского, 6 — катазиатского; 7 — северная внетропическая зона (Ангарская); 8 — южная внетропическая зона (Гондванская).

I — по Н. М. Страхову, 1960; II — по А. Б. Ронову, В. Е. Хаину и др., 1955, 1956, 1961, 1975—1976; III — по А. И. Егорову из Л. Н. Капченко, 1974; климатические зоны на рубеже C_2-P_1 (270 млн. лет) — по С. В. Мейену, 1971



палеозоя. При этом климатические условия обитания многих вымерших групп растений еще не выяснены, и поэтому определить климатическую зональность прошлого по этим видам растений не удастся. Тем не менее еще недавно основные заключения о палеоклиматах в том или ином регионе выполнялись почти исключительно на основании реконструкций среды обитания ископаемых растений и животных. Эти индикаторы климатов прошлого позволили составить наброски общей картины развития климатов в фанерозое по всей

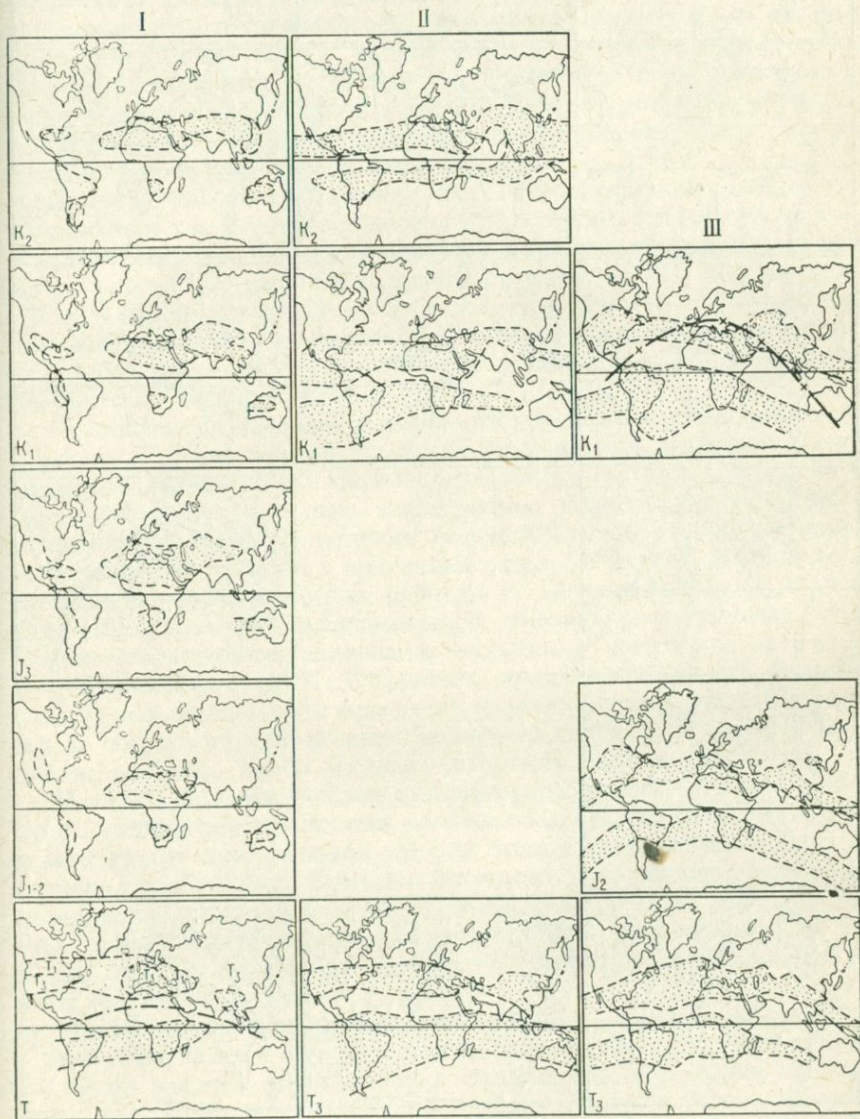


Рис. 22 (продолжение)

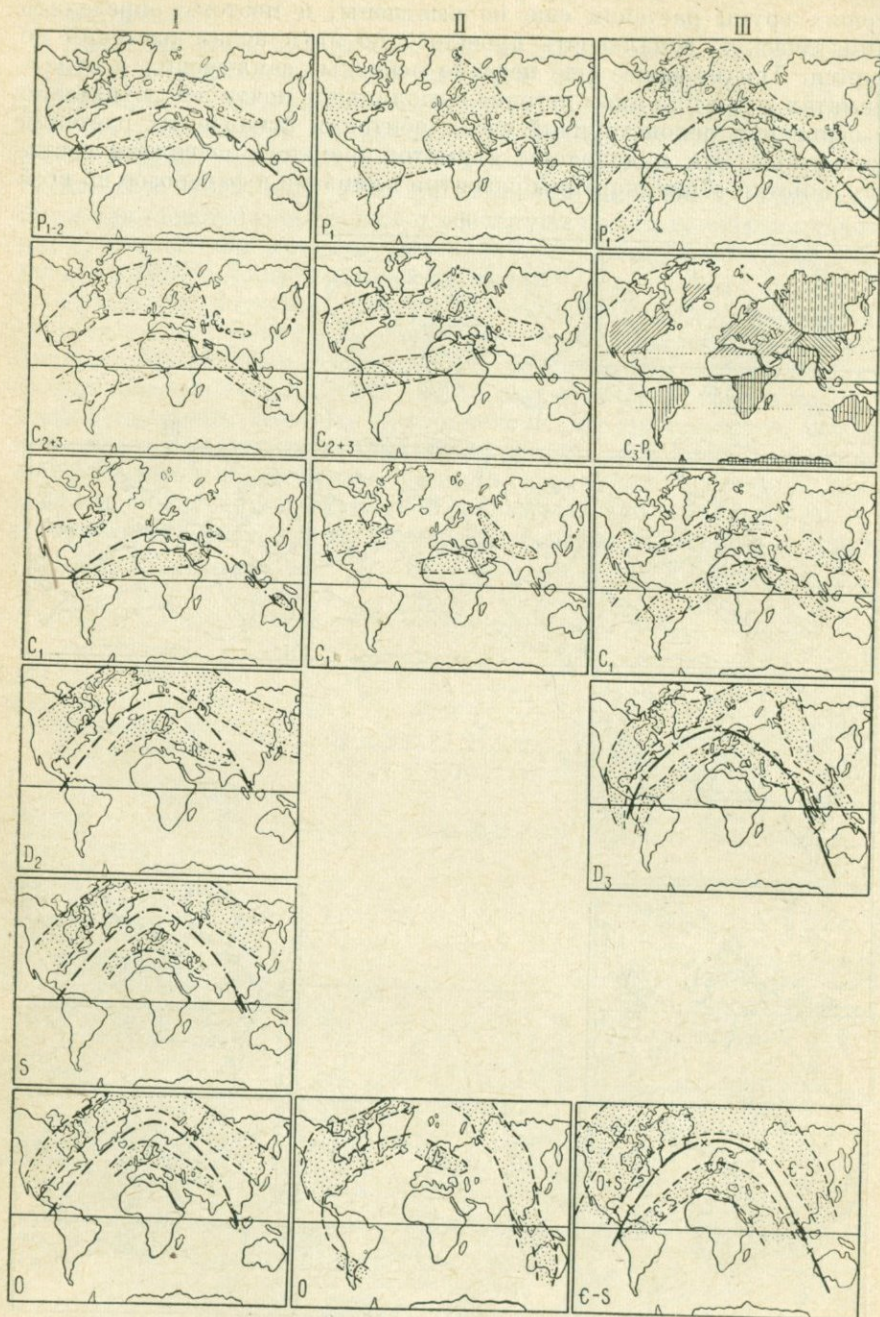


Рис. 22 (продолжение)

поверхности планеты, хотя находки ископаемых останков остаются недостаточно равномерными, а представления об условиях их обитания продолжают служить предметом дискуссий.

Детальные палеофлористические и палеофаунистические реконструкции осуществлялись как для отдельных континентов и их групп, так и для всей планеты. При этом было выяснено, что современная климатическая зональность, позволяющая выделять зоны экваториального, полярного (арктического и антарктического) и умеренного (северного и южного) климатов, отображающая современную контрастную дифференцированность климатов, не является характерной для многих этапов геологического прошлого. Лишь для немногих этапов геологической истории удастся наметить границы бореальных областей, лучше удастся установить границу тропической области, в пределах которой температура при сезонных колебаниях не опускается ниже нуля.

Палеофлористическая зональность относительно надежно устанавливается для позднего палеозоя (С. В. Мейн, 1971 и др.; рис. 22); определенное усиление контрастности климатов намечается по поведению морской органики в поздней юре и неокоме (В. Н. Сакс и др., 1971); в то же время многие исследователи отмечают общепланетарную выравненность климатов в девоне — раннем карбоне, в ранней — средней юре, в позднем мелу и палеогене (В. А. Красилов, 1974; О. В. Юферов, 1974 и др.).

Сравнительно недавно, в начале 50-х годов, американский исследователь Г. Юри разработал метод определения температур геологического прошлого по изотопному составу кислорода карбонатов. Довольно многочисленные определения палеотемператур, выполненные по карбонатам раковин морской фауны, позволили определить температуру моря в различные эпохи во многих районах мира. В недавно опубликованных работах Р. Боуэна (1969), Д. П. Найдина (1972) и других исследователей отмечены определенные успехи палеотемпературного анализа и подведены некоторые его итоги. Как подчеркнуто Д. П. Найдиным, количество данных палеотемпературных определений еще очень невелико и не позволяет использовать их для изучения закономерностей глобальной палеоклиматологии; особенно слабо изучены доюрские палеотемпературы.

Вместе с биологическими индикаторами климатов палеотемпературные индикаторы являются важным средством палеоклиматологии, применяемым при решении многих тонких локальных задач. Для изучения глобальных климатов прошлого, требующего учета общего потепления или похолодания климата всей планеты, эти свидетельства палеоклимата играют вспомогательную роль, однако их значение при исследованиях изменения климатов послепалеоюрского времени быстро возрастает.

Первоочередная роль при исследованиях глобальных палеоклиматов принадлежит литологическим индикаторам. Климат является одной из важных характеристик фациальной обстановки осадконакопления. Особенности климата играют большую роль в формировании осадочных пород, оказывая заметное влияние на их состав.

Поэтому справедливо и обратное: восстановление по особенностям состава осадков для каждой геологической эпохи свойственного ей климатического режима. Естественно, что состав осадков является менее чувствительным индикатором климата и поэтому по литологическим индикаторам возможна лишь наиболее общая оценка климата и климатической зональности былых геологических эпох с выделением для ряда из них зон полярных (холодных), умеренных и жарких поясов.

Выяснение климатической зональности по особенностям литогенеза требует корректного учета как тектонических факторов, так и направленной эволюции характера литогенеза в истории Земли. Поэтому задача выяснения закономерностей изменения глобального палеоклимата в фанерозое в настоящее время может решаться в первую очередь путем анализа масштабов изменения аридного и ледового типов литогенеза, который должен согласовываться с палеоботаническими, палеонтологическими, литологическими и палеотемпературными индикаторами.

Такие палеоклиматические комплексные заключения, в основе которых находятся реперные данные о размахе аридного и ледового типов литогенеза, имеют самостоятельное значение и наилучшим образом характеризуют закономерные изменения режима экзогенных условий на Земле.

В последние годы все большее внимание уделяется вопросам согласования данных палеоклиматологии и палеомагнетизма в связи с обсуждением проблем мобилизма. Нередко делаются попытки привлекать палеомагнитные широты в качестве важных критериев оценки древних климатов, используя эти широты как некоторую разновидность индикаторов климатического прошлого. Необходимо отметить, что учения палеоклиматологии и палеомагнетизма находятся в стадии начального научного накопления фактов, их согласования и взаимопроверки. Поэтому привлечение палеомагнитных индикаторов климатов следует проводить с большой осторожностью.

§ 1. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМЕ ГЛОБАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ

Попытки выяснения климатической глобальной цикличности предпринимались неоднократно, современные представления по этому вопросу освещены в ряде сборников («Проблемы палеоклиматологии», 1968; «Проблемы планетарной геологии», 1963) и в многочисленных статьях и монографиях (Л. Б. Рухин, 1962; Н. М. Страхов, 1963; А. В. Орлова, 1972; Ю. М. Шейнманн, 1973; А. А. Мейергофф, 1972; П. Фурмарье, 1971 и др.). Интерес к исследованиям этих проблем возрос в последние годы в связи с обсуждением проблем новой глобальной тектоники вообще и дрейфа континентов в частности.

Все исследователи привлекали материалы по изменениям климатов прошлого для объяснения периодичности других геологических явлений. Важное место в развитии представлений о климати-

ческой цикличности занимают работы Г. Ф. Лунгерсгаузена, уделявшего особое внимание великим оледенениям и поискам причин климатической цикличности. Подчеркивая, что природа крупных климатических колебаний не изучена, этот исследователь писал (1963, стр. 11): «С известной вероятностью можно говорить об отражении в общем ходе развития геологических процессов и эволюции климата Земли периода полного галактического обращения Солнечной системы. Этому периоду, видимо, отвечает повторяемость грандиозных по масштабу оледенений Земли, «космических зим». Г. Ф. Лунгерсгаузен считает, что в эти периоды уменьшается поток солнечного тепла, достигающего Землю, и поэтому заметно снижается температура на ее поверхности.

Фундаментальное обоснование существования и изменчивости в фанерозое климатических зон, аналогичных современным, приведено Н. М. Страховым (1963). На основании распределения таких индикаторов климатической зональности, как угли, бокситы, железные руды, коры выветривания, ледниковые отложения и эвапориты, этот исследователь построил ряд карт климатической зональности различных периодов от неогена до девона и доказал весьма значительное смещение к югу всех климатических зон северного полушария от девона к нынешнему времени, причем миграция климатических зон по гринвичскому меридиану за указанный период достигает примерно 75° . Н. М. Страхов пытается увязать изменение климатической зональности с тектоническими циклами. Он пишет: «За период фанерозоя мы постоянно наблюдаем на поверхности Земли две аридные зоны — северную и южную... В послепротерозойское время сменились три типа (или плана) их локализации, отвечающих в общем каледонскому, герцинскому и альпийскому тектоническим этапам. Время существования каждого климатического этапа обнимает около 150—170 млн. лет. Хронологически климатические этапы характерно сдвинуты относительно этапов тектонических . . . , несколько запаздывая как в своем начале, так и в своем конце» (1963, стр. 501). Это запаздывание по современной геохронологической шкале составляет 50—60 млн. лет. Позднее, используя аналогичные индикаторы, составили палеоклиматические схемы для ордовика А. Б. Ронов и др. (1976), для мела В. Е. Хаин и др. (1975). Сопоставление схем, намеченных по литологическим индикаторам для различных эпох, отображает их хорошую согласованность (рис. 22).

Изменения климатической зональности в ходе геологической истории, убедительно показанные Н. М. Страховым, и аналогичные построения других авторов (Ф. Лотце, Б. С. Брайден, В. А. Вахромеев и др.) широко используются как для доказательств миграции полюса, так и для мобилистских реконструкций (С. Ранкорн, И. Ирвинг, П. Н. Кропоткин). Анализ данных о флоре и фауне геологического прошлого (В. А. Красилов, 1974; М. А. Шишкин, 1974 и др.) показывает, что исследования по распространенности отдельных видов растений и животных неубедительны, так как доказана способность практически всех растений и животных прео-

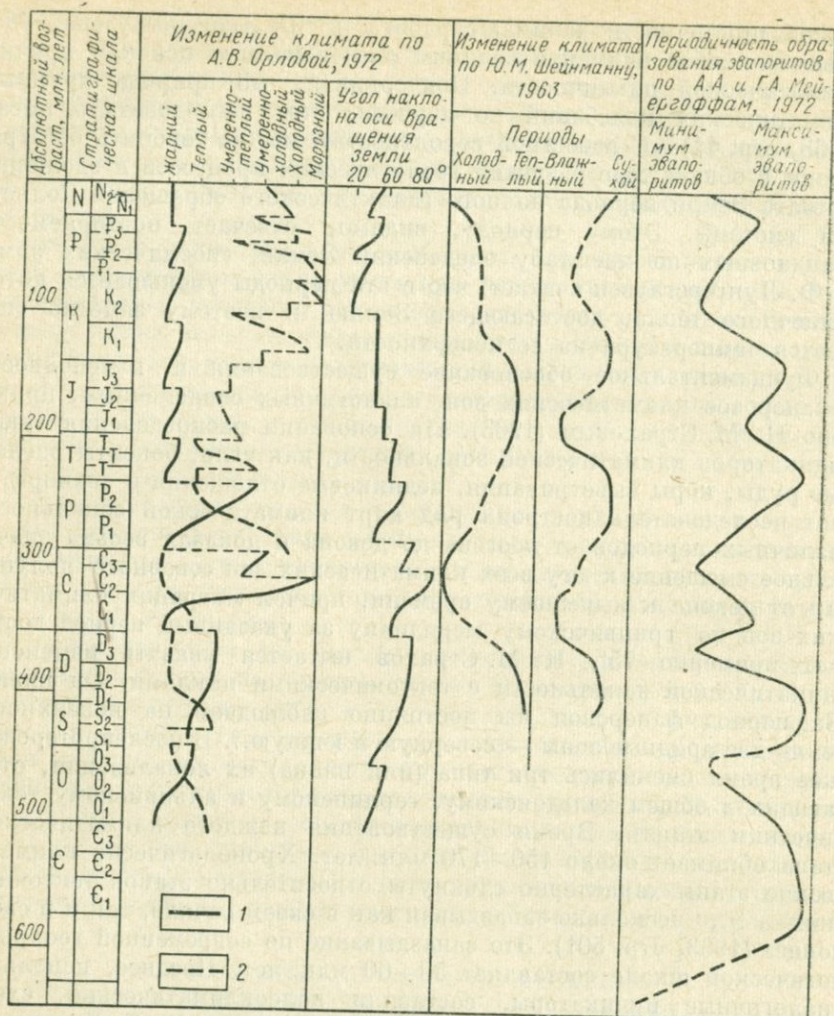


Рис. 23. Графики изменения климатической зональности Земли
Области: 1—экваториальные, 2—полярные

долевать с использованием северного межазиатско-американского «моста Беринга» и южного антарктического моста (вне периода оледенения Антарктиды) водные преграды и расселяться по обширным пространствам. Вместе с тем успехи в создании схем палеобиогеографического районирования в значительной степени согласуются с построениями мобилистов.

Полемизуя с их воззрениями, А. А. Мейергофф и Г. А. Мейергофф наметили график изменения климатической зональности (рис. 23); они считают, что эпизодически на Земле происходили колебания теплых и холодных периодов, охватывающих весь земной

шар. Такие колебания можно установить по графику, на котором по вертикальной оси отложено геологическое время, а по горизонтальной — абсолютные градусы широты, где происходило отложение эвапоритов. Отклонение кривой вправо будет характеризовать период времени, когда потеплевшая Земля переживала период «эвапоритового максимума», отклонение кривой влево соответствует периодом холодной Земли — «эвапоритовому минимуму», или «ледниковому максимуму». Хотя полученная кривая весьма дискуссионна вследствие неполного учета имеющихся данных, сама логика рассуждений А. А. Мейергоффа и Г. А. Мейергоффа представляется удачным приемом для раскрытия палеоклиматической цикличности в истории Земли. Воззрения Ю. М. Шейнманна (1973) по основным позициям совпадают с выводами А. А. Мейергоффа и Г. А. Мейергоффа.

Специфичен подход к индикации и объяснению причин цикличности в изменении климатической зональности А. В. Орловой (1963, 1972). Как известно, современная климатическая зональность в немалой степени обусловлена наклоном оси вращения Земли, составляющим $66,5^\circ$ к плоскости эклиптики. Полагая, что Земля ведет себя подобно волчку, при ускорении вращения которого ось вращения приближается к вертикальной, А. В. Орлова предполагает, «что изменение климата Земли обусловлено изменением наклона земной оси, влияющим на величину угла падения солнечных лучей на ту или иную часть планеты и происходящим вследствие изменения скорости вращения Земли во времени» (1963, стр. 51). Этот автор в анализе климатической зональности не только акцентирует внимание на контрастно выделяемых по литологическим критериям полярной и аридной зонах, но и пытается выявить размещение в фанерозое зон «умеренно холодного», «умеренно теплого», «теплого» и «жаркого» климата. А. В. Орлова, анализируя построенные ею палеоклиматические карты последних 500 млн. лет, выявляет цикличность климатических изменений с периодом 60—80 млн. лет для палеозоя и 17—35 млн. лет для мезозоя — кайнозоя (рис. 23), отмечая высокую контрастность палеозойских климатических циклов и небольшую контрастность мезозойско-кайнозойских циклов.

Необходимо подчеркнуть, что какие-либо геофизические доказательства изменений углов наклона оси вращения Земли более чем на $3\text{--}5^\circ$ отсутствуют, поэтому А. В. Орлова выводит причину изменений климата из следствия в виде гипотезы, полагая коррелируемость климатической цикличности с тектонической. Она пишет (1972, стр. 37): «Моменты инверсий климатических условий совпадают во времени с проявлением наиболее крупных фаз складчатости, которые, как известно, служат рубежом, разделяющим отдельные тектоно-магматические циклы». Однако, как следует из сопоставления рис. 3 и 23, этот вывод не подтверждается. Как указывалось выше, из рис. 3 очевидно, что А. В. Орлова произвела весьма субъективно отбор «наиболее крупных фаз складчатости».

Рассматривая гипотезу А. В. Орловой, Н. С. Сидоренков (1973) показал, что известные силы взаимодействия Земли с Луной, Солнцем

и планетами не могут привести к заметным изменениям скорости вращения Земли и угла наклона земной оси к эклиптике. Отсутствие у Земли (в отличие от волчка) точки опоры приводит к тому, что угол наклона земной оси при лунно-солнечной прецессии не изменяется. По расчетам астрономов за последние 30 млн. лет он колебался в пределах $67,9-65,4^\circ$, что не могло оказывать влияния на климат. Учет приливного воздействия Луны приводит к изменению угла наклона земной оси в среднем на 1° за 100 млн. лет, что также не должно оказывать воздействия на климат.

Необходимо отметить, что указанные возражения физиков и астрономов не имеют существенного значения, так как закономерности изменения палеоклиматов определяются по независимым данным. Если бы палеоклиматические построения А. В. Орловой были справедливы, то причины резких изменений угла наклона земной оси следовало бы искать вне рамок ныне действующих на Землю Луны, Солнца и планет, например, вследствие влияния крупных космических тел, движущихся по траекториям комет и т. п.

В объяснении причин изменения глобального климата отмечаются и иные направления, которые преимущественно базируются не на интерпретации геолого-геофизических данных, а исходят из различных общих соображений.

Л. И. Сверлова (1972) связывает изменения земного климата с магнитными инверсиями звездно-галактической среды и соответствующими изменениями плотности потока электромагнитного излучения космической плазмы, достигающего нашей планеты. Повышенные плотности космогенных потоков, достигающих Земли, по мнению этого исследователя, вызывает здесь орогенез и общее потепление. Периодичность инверсий магнитного поля на Солнце является главным фактором изменчивости внеземного излучения, поэтому влияние гелиокосмической плазмы, действующей на геомагнитное поле, рассматривается как причина циклических изменений наблюдаемых на Земле интенсивности солнечного излучения, циркуляции атмосферы, ее газового и пылевого составов, обуславливающих климат всей планеты и отдельных ее регионов.

Особенно активно пропагандируется в последние годы изменчивость земного климата в зависимости от концентрации углекислого газа в атмосфере (М. И. Будыко, 1974; К. И. Лукашев, 1974; О. П. Добродеев, 1975; К. Эмилиани, 1966 и др.).

Содержание CO_2 и паров воды определяет возможности атмосферы поглощать длинноволновое излучение. По различным оценкам увеличение его содержания в 2 раза может привести к повышению температуры воздуха на $1,5-3,5^\circ \text{C}$. В настоящее время концентрация CO_2 в атмосфере $0,033\%$ от объема и $0,051\%$ от ее массы, что составляет $2,6 \cdot 10^{12}$ т. Увеличение концентрации CO_2 в атмосфере обусловлено притоком этого газа вследствие вулканических извержений, а в последнее время — вследствие деятельности энергетических устройств. Расход углекислого газа определяется поглощением его холодными морскими водами и потреблением растительностью. Исходя из оценок палеотемператур, гипотетически увязываемых

с концентрацией CO_2 в атмосфере, ряд исследователей определили изменение содержания CO_2 (рис. 24).

Подводя итог обзору современных представлений о цикличности климатических макропроцессов и их возможных причинах, отметим следующее.

1. Цикличность изменения климата изучена слабо, но признается значительным большинством исследователей, рассматривающих эту проблему.

2. В качестве причин цикличности глобальных климатических процессов выдвигаются:

- а) эндогенные причины — цикличность тектонических событий, цикличность миграции континентов или миграции полюсов;
- б) изменение количества поступающей на Землю солнечной радиации;
- в) циклическое изменение угла наклона оси вращения Земли при неизменном потоке солнечного тепла.

3. Изменение потока солнечного тепла может быть связано либо с изменением интенсивности ядерных реакций на Солнце, либо с изменением расстояния от Земли до Солнца, либо с изменением «прозрачности» пространства, разделяющего Солнце и твердую Землю.

4. При разработке представлений о цикличности климата Земли большая часть исследователей использовала преимущественно литологические индикаторы климата. Другая их часть при изучении изменения глобального климата основное внимание уделяла палеобиологическим индикаторам. Для измерения температур морских вод отдельных регионов начато применение методов изотопного анализа органических остатков.

5. Строгой или общепринятой методики изучения климатической цикличности не выработано, комплексное изучение проблем палеоклиматологии по литологическим, биологическим и палеотемпературным индикаторам не предпринималось.

§ 2. К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ЦИКЛИЧНОСТИ МАКРОКЛИМАТА

Для количественно охарактеризованного изучения цикличности климата Земли в целом (будем именовать его макроклиматом) необходимо найти некоторый показатель, который отображает состояние

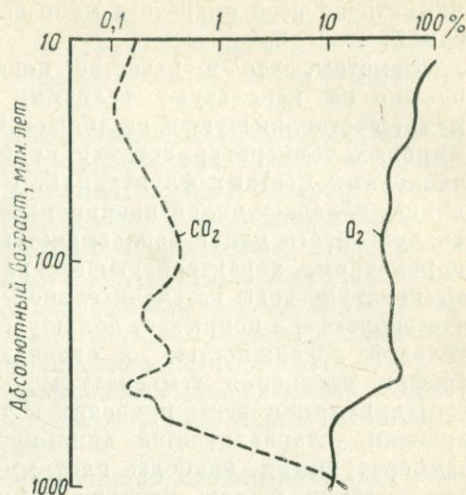


Рис. 24. Изменение содержаний CO_2 и O_2 в атмосфере в процентах от современных (по К. И. Лукашову, 1974)

климата на всей планете и мало зависит от кратковременных колебаний.

Заметим, что в качестве показателей современных климатов обычно не используют величину среднегодовой температуры воздуха, составляющую в настоящее время 14°C . Вычисление средних мировых температур воздуха крайне затруднительно из-за многочисленных местных флуктуаций. Кроме того, этот показатель, очевидно, обладает малой инерционностью в связи с небольшой массой воздуха и его малой теплоемкостью. По-видимому, весьма удобным параметром, характеризующим климат планеты, может служить температура воды на значительной глубине в океане. В связи с тем, что гидросфера покрывает большую часть планеты и обладает значительной подвижностью, в океанах вырабатывается определенный график изменения температуры с глубиной.

Циркуляция воды приводит к тому, что с течением некоторого времени устанавливается динамическое равновесие между низкотемпературными, наиболее плотными океаническими водами в области высоких широт, погружающимися вниз и перемещающимися далее глубоководными течениями к экватору, и теплыми, относительно легкими придонными водами экваториальных глубин, вытесняемыми оттуда. Эта конвекция и перемешивание происходят достаточно быстро. При установленной скорости придонных течений более 1 км/ч полная циркуляция происходит уже в течение нескольких лет, т. е. геологически мгновенно. Геотермический поток тепла через океаническое дно и адиабатический разогрев вод не окажут заметного влияния на температуру придонных вод (Р. П. Булатов, 1971 и др.), за исключением отдельных участков впадин, изолированных от придонной циркуляции. Поэтому температура придонных вод океанов обычно отличается от температуры приповерхностных высокоширотных вод менее чем на 1°C . Тем самым эта температура в первом приближении является некоторым *среднемировым климатическим параметром*. Огромный объем вод океанов и их высокая теплоемкость определяют заметную стабильность рассматриваемого параметра, который как будто специально создан природой для количественной среднестатистической оценки климата планеты.

Исходя из этих соображений в качестве показателя глобального климата для периодов геологической истории с известной величиной температуры придонных вод (или, что то же самое, высокоширотных приповерхностных океанических вод) принимается *указанный параметр, называемый далее главным климатическим*. Очевидно, что в периоды оледенений главный климатический параметр может быть принят равным 0°C или близким к нему. (Точка замерзания соленых вод характеризуется минусовыми температурами, но при приближенных оценках вносимой погрешностью можно пренебречь). Указанные величины могут быть использованы как опорные величины при составлении палеоклиматической кривой фанерозоя.

Однако для большей части фанерозоя определение температур придонных вод не выполнено и главный климатический параметр

остаётся неизвестным. Поэтому для выяснения истории глобальных климатов необходимо обратиться к иным индикаторам. Ведущую роль среди них играют литологические индикаторы, так как осадко-накопление происходило непрерывно и охватывало обширные области планеты.

Кратко рассмотрим современные данные о представительности литологических индикаторов. Как показывают обзорная работа С. В. Тихомирова (1972) и исследования других авторов, многие литологи климатическим факторам отводят лишь второстепенную роль, полагая, что основные особенности литогенеза объясняются тектоническими процессами. Потому из числа литологических индикаторов цикличности климатов по возможности должны быть исключены типы пород, на формирование которых оказывают влияние в первую очередь региональные тектонические условия.

Литологические индикаторы цикличности макроклимата в фанерозое должны обладать, по нашему мнению, следующими качествами:

- 1) хорошей распознаваемостью;
- 2) распространенностью и относительной неизменностью в течение фанерозоя;
- 3) надежной приуроченностью к одной из климатических зон;
- 4) удовлетворительной изученностью, позволяющей оценивать количественно или полуколичественно масштабы распространения в пределах суши.

Общепризнанными свидетельствами жаркого климата являются рифогенные и хемогенные известняки, латеритовые коры выветривания, красноцветные породы, соленакопление, фосфоритовые отложения. Полярный климат отличается прежде всего своеобразными ледниковыми отложениями (моренными образованиями, тиллитами и др.). К специфическим образованиям умеренных широт относятся угленосные толщи. Породы гумидного климата формируются под влиянием тектонического режима и ряда необратимых факторов. Поэтому породы гумидного типа мало пригодны для решения вопросов климатической зональности.

Для изучения вопросов цикличности макроклимата слабо пригодны карбонатные отложения и рифогенные известняки, в частности, из-за явного дефицита общемировых данных и дискусионности многих оценок в связи с неразработанностью критериев и определений. В последние годы установлено присутствие рифов и рифостроителей на глубинах более 90 м в водах с температурой ниже 4°C , распространенных до 72° с. ш. и даже севернее, их зависимость от течений и парциального давления углекислого газа. Поэтому обособленное использование рифов в качестве безусловных индикаторов жаркого климата без материалов статистико-географического анализа едва ли приемлемо. Поскольку формирование карбонатов протекает в тесном единстве с образованием обломочных отложений, представляется, что значительная и обычно не учитываемая доля карбонатного вещества сосредоточена в обломочных породах. Без учета этой доли всякий анализ цикличности масштабов карбонатообразования, очевидно, крайне несовершенен.

Анализ красноцветов показал настолько широкое разнообразие причин, обуславливающих их окраску, что значение этих пород для характеристики палеоклимата нельзя считать вполне определенным.

При выполнении палеоклиматических реконструкций для фанерозоя в качестве наиболее контрастных проявлений глобальной климатической зональности используют ледниковые, соленосные и угленосные отложения, бокситы и железные руды.

Исследование процессов глобальной цикличности климата в течение последних 600 млн. лет по угленосным отложениям затруднено в связи с их массовым появлением лишь с середины палеозоя. Кроме того, однозначная палеогеографическая роль угленосных толщ в последнее время обоснованно ставится под сомнение. Л. Б. Рухин (1961) указывал, что если среднепалеозойские угли накапливались в пределах прибрежно-морских периодически затопливаемых низменностей, то позднее область угленакопления отчетливо смещается внутрь континента, и в мезозойскую эру большинство угленосных толщ приурочено к типично континентальным образованиям. Дж. С. Брайден и Е. Ирвинг (1968) считают, что угли могли формироваться как во влажных тропических лесах (преимущественно до перми), так и в зонах умеренно холодного климата (начиная с перми).

Для изучения цикличности, по-видимому, мало пригодны также в связи с недостаточной представительностью имеющихся данных бокситы и железные руды. Граница между «рудой» и «породой» для этого типа полезных ископаемых проводится по некоторым условным значениям концентраций, определяемым геолого-экономической ситуацией. Основная масса окислов железа и свободного глинозема, несомненно, сосредоточена не в рудах, а в породах. Степень опоискования осадочных отложений на рудные полезные ископаемые весьма далека от глобальной и вообще обычно не охватывает толщи осадочных пород за пределами глубин 500—1000 м.

Указанные выше критерии достаточно жестки. Многие типы пород, пригодные и широко используемые для конкретных палеоклиматических оценок, не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к индикаторам осредненных планетарных климатов.

На рис. 25 изображена схема приближенной эволюции во времени различных типов осадочных пород, составленная с учетом палеоширот, полученных на основании данных о миграции полюсов и перемещении континентов. Допущение о неизменности современных широт в соответствии с фиксистскими представлениями, как показали Дж. С. Брайден и Е. Ирвинг, существенно увеличивает дисперсию индикаторов, часто приводит к их резко асимметричному положению по оси широт. Весьма заметное смещение во времени современных коридоров широт зон накопления указанных осадков отмечено и Н. М. Страховым. Поэтому мы не считаем возможным использовать красноцветы, угли и карбонаты в качестве важных литологических индикаторов для изучения цикличности глобальных климатов.

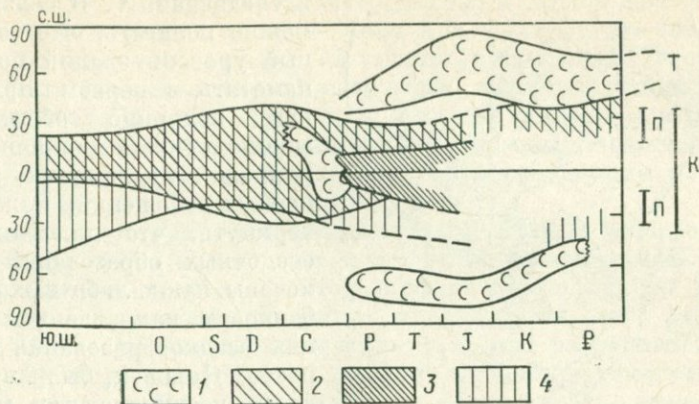


Рис. 25. Схема эволюции во времени различных типов осадочных пород (по Дж. С. Брайдену, Е. Ирвингу, 1968)

1 — угли; 2 — красноцветы; 3 — пустынные песчаники; 4 — карбонаты. Справа показано распространение современных аналогов изученных климатических индикаторов: П — пески пустыни; К — меловые карбонаты, Т — торф.

Широты приведены с учетом палеомагнитных реконструкций авторов

Вместе с тем комплексное использование этих вторичных литологических индикаторов, выделенных различными авторами, представляет несомненный интерес. На рис. 26 приведены данные о размещении палеозойских кораллов по А. Б. Ивановскому (1974) и области развития девонских красноцветных отложений по оценкам Ю. Г. Леонова и О. А. Мазаровича (1975) с использованием одной из мобилистских реконструкций. Рифы и красноцветы размещаются совместно друг с другом в полосе широт от 40° с. ш. до 40° ю. ш. При фиксированных построениях многие зоны рифообразования обнаруживают противоестественное тяготение к Арктике, а полоса красноцветов шириной 3000 км и длиной около 25 000 тыс. км ориентирована под углом 50° к экватору и проходит вблизи современного северного полюса.

Для изучения цикличности наиболее пригодными представляются три типа осадочных образований: ледниковые, соленосные отложения и в меньшей мере, возможно, фосфориты. Периодичность активизации и ослабление масштабов накопления этих осадочных образований отмечались неоднократно. Подавляющее большинство специалистов для соленосных отложений признает бесспорной приуроченность к аридным зонам, а для ледниковых — к полярным областям (исключая менее значительные высокогорные образования, которые имеют незначительные шансы на сохранение в геологической летописи в связи с геологически быстрым разрушением гор).

Ледниковые и соленосные отложения обычно относительно легко распознаются и в ареалах их распространения характеризуются выдержанностью на больших площадях, что позволяет выявлять эти отложения уже на стадии региональных и мелкомасштабных

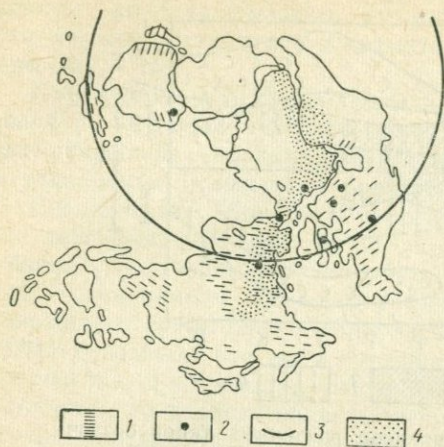


Рис. 26. Распространение палеозойских кораллов, рифов и красноцветных моласс

1 — основные районы находок палеозойских кораллов (по А. Б. Ивановскому, 1974); 2 — девонские рифы (по А. Б. Ивановскому, 1974); 3 — предполагаемый экватор; 4 — области развития девонских красноцветных моласс (по Ю. Г. Леонову, О. А. Мазаровичу, 1975)

логические индикаторы изменения климата. Исследования стволов деревьев позволяют оценить степень контрастности сезонных изменений. По наличию годичных колец выделяются зоны с резкими сезонными колебаниями температуры; при маноксилическом типе ствола (тонкое кольцо древесины среди преобладающих коры и сердцевины) однозначно устанавливается климат с отсутствием морозных периодов; наконец, большое разнообразие видов растений, некоторые менее надежные признаки (крупные листья, расположение органов размножения на стволах и др.) рассматриваются как свидетельства тропических зон.

Другим направлением изучения палеоклиматов по биологическим индикаторам является детальное исследование ареалов расселения биоценозов, специфических для арктических и жарких морей. Проникновение арктических фаун к югу рассматривается при этом как признак похолодания, различия видового состава характеризуют периоды контрастного климата, а выравнивание видового состава на всей поверхности планеты свойственно периодам однотипного теплового недифференцированного климата.

Палеобиологические индикаторы определенно свидетельствуют, что климатическая зональность планеты наблюдается лишь на определенных этапах ее развития. Наиболее резко такая зональность

исследований¹. В связи с этим можно полагать, что современный уровень знаний позволяет наметить в первом приближении подлинно общемировые закономерности цикличности накопления ледниковых и соленосных отложений. Важно подчеркнуть, что для этих типов осадочных образований не отмечены какие-либо важные особенности направленной эволюции осадкообразования в фанерозое. Наконец, были предприняты неоднократные попытки оценить количественно масштаб развития рассматриваемых отложений, что имеет очень важное значение для приближенных относительных оценок повышения аридности или похолодания глобального климата.

Значительное развитие получили в последние годы палеобио-

¹ Особенно благоприятствует этому формирование соляных куполов в зонах мощного накопления эвапоритов.

по оценкам О. В. Юферева (1974) выражена в раннем девоне, в позднем карбоне — перми, в конце мела и в неогене, что связывается этим исследователем с последствиями проявлений глобального тектогенеза. Минимальная климатическая дифференциация планеты имела место в раннем карбоне, в позднем триасе — средней юре, в палеогене. Таким образом, палеобиологические индикаторы дают важную информацию об изменчивости дифференциации климатической зональности на поверхности планеты.

Палеотемпературные индикаторы характеризуют непосредственно температуру среды обитания и захоронения органических остатков или образования осадка. Некоторые специальные вопросы методики применения палеотемпературных индикаторов мы рассмотрим ниже. Здесь необходимо подчеркнуть, что различные индикаторы характеризуют разные аспекты палеоклиматической обстановки, совместный анализ которых представляет значительный интерес.

В отличие от других исследователей мы пытаемся оценить масштабы климатических изменений в фанерозое, используя в качестве реперных точек глобальные максимумы льдо- и солеобразований (великие оледенения и великие засоления) и величину главного климатического параметра (когда она известна). Лишь в интервалах между этими опорными данными для оценки глобального климата используются иные второстепенные индикаторы глобального климата, как палеотемпературные, так и литологические и палеобиологические, которые приближенно характеризуют интервалы интерполяции между реперными точками.

Комплексное использование различных палеоклиматических индикаторов с опорой на наиболее строгие и количественно охарактеризованные, составляющее суть нашей методики, и позволяет надеяться, что такая оценка изменения глобальных климатов в фанерозое будет наилучшим образом удовлетворять всей совокупности имеющейся информации.

Нам представляется, что изменения глобального климата в фанерозое могут быть наилучшим образом охарактеризованы на современном уровне информации путем построения трех кривых. Первая кривая — обобщенного изменения глобального климата — должна отображать только самые значительные низкочастотные колебания климата, фиксируемые великими оледенениями и засолениями. Вторая кривая — кривая климатической контрастности — должна отражать степень контрастности климатической зональности, вероятно, контролируемую углом наклона оси вращения Земли. Наконец, третья кривая — график главного температурного параметра — должна характеризовать все тонкости изменения этой величины в фанерозое. В настоящее время сравнительно надежно может быть построена лишь первая кривая для всего фанерозоя и третья кривая для большей части мезозоя — кайнозоя. Дотриасовый ход третьей кривой и вторая кривая могут быть намечены лишь приближенно по отдельным, недостаточно строгим данным и соображениям.

Поэтому ниже мы уделим основное внимание обоснованию построенных относительно достоверных кривых (первой и частично третьей), приводя для полноты картины гипотетические построения в качестве предварительных набросков.

§ 3. ВЕЛИКИЕ ОЛЕДЕНЕНИЯ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Две работы с названием, аналогичным заголовку этой рубрики, недавно опубликованы Б. М. Келлером и Ю. А. Лаврушиным (1970) и Б. М. Келлером (1972). В последней работе приведена обширная библиография, сравнительно полно охватывающая советскую литературу по данному вопросу. Проблемам оледенения посвящены также главы в монографии П. Фурмарье (1971) и разделы сборника переводов «Проблемы палеоклиматологии» (1968), в которых освещен современный подход к этой проблеме многих иностранных авторов. Этой тематике посвящены также полностью или частично статьи А. А. и Г. А. Мейергоффов (1972), В. Н. Андрианова (1966), Е. И. Зубцова (1972), В. Г. Фролова (1972), В. И. Устрицкого (1967, 1972), Н. М. Чумакова (1970, 1972, 1974), В. Л. Медведева (1972) и др.

В 1974 г. серия докладов, обобщивших результаты советских исследований оледенений, была рассмотрена на специальной конференции («Бюл. МОИП. Отд. геол.», 1974, № 5). Количество, длительность, масштабы и закономерности проявления периодичности оледенений продолжают оставаться предметом дискуссий.

В работах 70-х годов используются уточненные диагностические признаки континентальных ледниковых и морских гляциальных отложений, более строго оценено (на основе детальных исследований и радиометрических датировок) их стратиграфическое положение; расчленены многие разрезы с тиллитами, что позволило по-новому оценить длительность и многократность процессов оледенения. Поэтому работы, посвященные ледниковым отложениям, опубликованные в 60-х годах и ранее, ныне в значительной мере утратили свое значение, и приводимые в них данные, особенно по датировке и корреляции ледниковых образований, пересмотрены и уточнены последующими исследованиями. Это обстоятельство необходимо учитывать при рассмотрении вопросов глобальной изменчивости климата.

Не касаясь более древних оледенений, кратко рассмотрим имеющуюся информацию по вендским и фанерозойским оледенениям.

Б. М. Келлер обобщил данные по *вендским оледенениям* (возраст 620—640 млн. лет), которые считает характерными для северного полушария и доказанными для большей части Центральной, Северной и Восточной Европы, для Северного Тянь-Шаня, Казахстана и Сибири, вплоть до Колымы. Е. И. Зубцов (1972) обосновывает широкое распространение преимущественно марино-гляциальных отложений в полосе протяженностью 2800 км от Северного Казахстана через Северный Тянь-Шань до Китая и указывает на важное

стратиграфическое положение ледниковых образований, которые могут рассматриваться в качестве репера на границе между фанерозойскими и докембрийскими отложениями. Н. М. Чумаков (1970) датирует оледенение Северной Европы в 640—660 млн. лет. В более поздней работе (1972) этот автор датирует последнее докембрийское оледенение поздним рифеем (650 млн. лет).

И. Е. Постникова (1972), выполнившая детальную корреляцию разрезов верхнего докембрия Урала и Восточно-Европейской платформы, в верхней части разреза нижнего венда на границе с верхним вендом выделяет древлянскую серию, включающую свиты тиллитов и вулканогенно-терригенных пород. Тиллиты сохранились от размыва в Оршанской, Пачелмской, Московской и Камской впадинах. Возраст тиллитов заключен в интервале от 640 (верхи подстилающей вольтинской серии) до 600 млн. лет (низы ашинской серии верхнего венда).

В сводке Б. М. Келлера (1972) рассматриваемое оледенение признается специфическим для северного полушария. П. Фурмарье (1971) со ссылкой на работы М. Каэна и др. датирует оледенения конца докембрия в 650 ± 60 млн. лет и указывает, что это оледенение «в южном полушарии охватывает значительно большую площадь, чем в северном» (стр. 142). В. Я. Медведев (1972) убедительно показал, что в разрезах верхнего докембрия Западной и Экваториальной Африки имеются как минимум следы двух оледенений, последнее из которых датируется вендом. Единичные определения калий-аргоновым методом по аргиллитам серии мали показывают возраст 560 ± 50 млн. лет; эта серия включает тиллиты.

Н. М. Чумаков (1972) подробно рассмотрел распространенность тиллитов венда, которые предлагает именовать лапландскими. Им выделяются помимо вышеописанных лапландские тиллиты в Китае, в Корее, в Южной Австралии, в Африке на площади 3 млн. км² (от Мавритании до Ганы и от Сенегала до Центральной Сахары) и менее надежно в поясе длиной 1500 км на Бразильском щите и в нескольких пунктах Северной Америки.

Н. М. Чумаков (1974) полагает, что в рифее было от двух до четырех оледенений, обычно отображаемых в разрезе разных материков двумя горизонтами тиллитов; поэтому последние 200—150 млн. лет докембрия именуются им ледниковой эрой. Глобальный характер несомненен для лапландского оледенения, но нельзя исключать и то, что в эту ледниковую эру происходили и иные оледенения соизмеримой значимости.

Широкое распространение лапландских тиллитов позволяет думать, что лапландское оледенение имело покровный характер и захватило обширные территории, спускаясь до низких широт. По палеомагнитным определениям и мобилистским реконструкциям тиллиты установлены даже в районах вендско-кембрийского экватора. Принятие фиксистских представлений также требует признания распространенности лапландского оледенения до низких широт. Соблюдая осторожность, следует допустить, что лапландское оледенение было грандиозным и распространялось до широт 30—45°.

Изложенное показывает, что вендское лапландское оледенение имело широкое распространение как в лавразийской группе материков, так и на гондванских материках, поэтому крайние взаимно противоположные заключения Б. М. Келлера и М. Каэна — П. Фурмарье следует рассматривать как взаимодополняющие.

Раннепалеозойские оледенения и их масштабы остаются относительно слабо изученными. Наибольшее число работ, обзор которых сделан А. А. и Г. А. Мейергоффами (1972), посвящено проблеме тиллитов позднего ордовика в Северной и Южной Африке. Здесь по данным Р. В. Фейбриджа (1969, 1971), Л. Р. Кука и др. (1969, 1970) и других исследователей намечается распространение тиллитов в Центральной Сахаре и в Южно-Африканской Республике. Расстояние между зонами развития достигает 6000—7000 км. Марино-гляциальные отложения позднего ордовика — раннего силура выделяются также в северной части Сьерра-Леоне и в отдельных районах Северной Африки от Марокко до Восточной Сахары. Н. Гевин (1973) установил, что в Западной Сахаре в бассейне Таудени морские тиллиты развиты в верхнеордовикских отложениях и перекрываются силурийскими отложениями с грантолитами. Следы ледниковой деятельности силура — ордовика, синхронные тиллитам Сахары, установлены в районе Сьерры-Морены (Испания). Г. Дангорд (1971) описывает марино-гляциальные образования нижнего карадок — ашгиллия в Нормандии и указывает на их аналоги в Тюрингии и Испании. В. Шенк (1972) описывает позднеордовикские гляциальные отложения в свите уайт-рок на п-ове Новая Шотландия в Северной Америке. Д. Поуэлл и П. Сексан (1971) упоминают о тиллитах раннего силура на Индостанском полуострове, а П. Фурмарье (1971) — о тиллитах япо в районе Сан-Паулу (Бразилия), датированных концом силура, и одновозрастных тиллитах района Столовой горы на крайнем юге Африки.

По данным Х. Бигарелла (1972) при раннепалеозойском оледенении в Сахаре льды двигались к северу, в Капской провинции (ЮАР) к югу, в Северо-Восточной Бразилии к западу. Обширная континентальная площадь, покрытая оледенением, охватывала восток Южной Америки, центральные и западные районы Африки. Площадь покровного оледенения соизмерима с Антарктидой. Видимо, системы айсбергов разносили ледниковые отложения сравнительно далеко от ледяного палеоконтинента. По данным А. Маккена и М. Кеннеди (1974) марино-гляциальные отложения установлены на севере Аппалачского пояса на о-ве Ньюфаундленд, возраст их оценен по находкам фауны кораллов как ранний силур, возможно, поздний ордовик.

Приведенные данные свидетельствуют о несомненном развитии в позднем ордовике — раннем силуре достаточно мощного оледенения, следы которого обнаружены на материках гондванской группы и в Европе и Северной Америке, что хорошо согласуется с высокими широтами этих районов для ордовика — силура, намечаемых по различным палеогеографическим и палеомагнитным реконструкциям. Наиболее вероятно расположение южного полюса в районе

Западной Сахары. Отдельные исследователи указывают, что центр оледенения располагался в районе излучины Нигера.

А. А. Мейергофф позднеордовикское оледенение в Африке считает горным. А. Б. Ронов и др. (1976) полагают, что позднеордовикское оледенение в Европе было горным, а южный полюс помещают в Атлантику, к западу от Гвинейского залива. Необходимо подчеркнуть, что наличие марино-гляциальных отложений в Северной Африке, Нормандии, Испании, Северной Америке (Новая Шотландия и о-в Ньюфаундленд), а также на юге Африки (Х. С. Розман, 1974) не согласуется с отнесением африканского и европейского оледенения к горному. Поэтому карадокско-ашгильское время следует считать периодом заметного похолодания и повышения контрастности климата. Отметим, что в отличие от кембрия (по данным А. Б. Ронина и др., 1976) в ордовике намечается довольно широкое присутствие тиллитов в разрезе многих материков, следовательно, резкое относительное похолодание в этом периоде не вызывает сомнений даже у противников нижнепалеозойского покровного оледенения.

Точная датировка ордовикско-силурийского оледенения еще не сделана. Ледниковые отложения обычно перекрыты породами, содержащими силурийскую фауну. Часто оледенение полагают ашгильским, однако достаточные и обоснованные датировки еще не получены. В первом приближении, по-видимому, можно принять возраст оледенения в 420—460 млн. лет, наиболее вероятное значение его 440 ± 10 млн. лет.

Масштабы этого оледенения были значительно меньшими, чем лапландского: вероятно, оно достигало широт 60—70°.

Позднепалеозойское оледенение является хорошо изученным прежде всего в связи с проблемой распада Гондваны. Ледниковые отложения, датируемые верхнекаменноугольным — нижнепермским временем (250—295 млн. лет) достоверно установлены в Южной Америке (свита итараре, прогибы к югу от современной параллели 15° ю. ш.), на Фолклендских островах, в Африке к югу от современного экватора, на всех широтах в Австралии, во многих районах Антарктиды и в Северной Индии. По данным Д. Хелвига (1972) в Андах Боливии отмечается приуроченность к карбону тиллитов, которые к перми сменились углями, известняками и затем эвапоритами. Принадлежность этих образований единому верхнепалеозойскому периоду оледенения ныне общеизвестна и никем не оспаривается, однако отдельные авторы (А. А. и Г. А. Мейергоффы, 1972) полагают, что это оледенение носило не континентальный характер, а объединяло 30—40 высокогорных обособленных районов.

Большинство исследователей отмечают незначительное число проявлений этого оледенения в Антарктиде (В. Е. Хаин, 1971; П. Пине и др., 1971; П. Фурмарье, 1971; П. Баррет, 1972). Наибольшие мощности тиллитов установлены в Капской провинции в Африке, в долине Параны в Южной Америке и на юге Австралии; вблизи этих районов располагались центры оледенения. Б. М. Келлер (1972) вообще не упоминает о следах оледенения в Антарктиде.

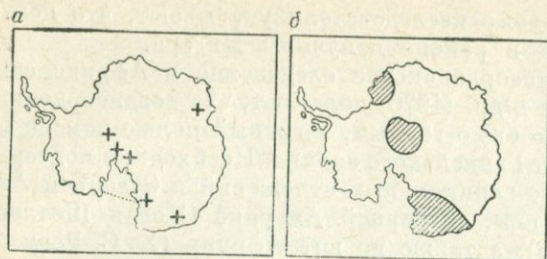


Рис. 27. Сопоставление данных о распространении в Антарктиде позднепалеозойской флоры (а; по Э. Палмстед из С. В. Мейена, 1971) и оледенений (б; по А. А. Мейергоффу, 1971)

Г. А. Мейергоффы (1972), напротив, полагают, что гипотетические центры верхнепалеозойского покровного оледенения располагались в Антарктиде. Их представления совершенно не согласуются с информацией о распространенности глоссоптериевой флоры в Антарктиде, обнаруженной вплоть до широты 85° ю. ш. (рис. 27). Обобщение сведений о позднепалеозойской флоре Антарктиды позволило Э. Палмстед (1962) описать здесь 40 видов растений, 90% из которых имеются в Индии и на других гондванских материках. Местонахождения этих растений показывают, что антарктические позднепалеозойские центры оледенения выделены необоснованно.

Расширение информации о верхнепалеозойском оледенении происходит весьма быстрыми темпами. П. Фурмарье (1971) пишет: «Мы все еще не можем решить загадку: почему в северном полушарии не обнаружено эквивалента гондванского оледенения?» (стр. 154). Между тем работами советских исследователей (В. Н. Андрианов, 1966; Ю. А. Михайлов и др., 1970; В. И. Устрицкий, 1967, 1972) выделено несколько зон распространения ледово-морских отложений на Севере СССР. По данным В. И. Устрицкого такие отложения выделены для сакмарского века перми в Западном Верхоянье, на юге Новой Земли и на Пай-Хое, на Аляске, для казанского века — на обширной площади от Западного Верхоянья до Колымского побережья. По подсчетам этого исследователя, полярные области южного и северного полушарий для ранней перми, где распространены ледниковые отложения и глоссоптериевая флора, простирались до соответствующих параллелей 60° , т. е. были равновелики.

Длительность гондванского оледенения и его развитие продолжают оставаться предметом усиленных исследований. Д. Кроуэлл и Л. Фрейкс (1972), исследовавшие тиллиты впадины Карро в Южной Африке, считают, что возраст тиллитов соответствует всему карбону, низам перми и, возможно, включает верхи девона. Главный ледниковый щит располагался в Трансваале — Замбии, оледенение продолжалось 70 млн. лет и обусловлено дрейфом Гондваны через полярную область.

По данным П. Фурмарье (1971) пермские древовидные растения обнаружены в Антарктиде вплоть до параллели $82-84^{\circ}$ ю. ш., в то время как граница современных децезьев не поднимается севернее 70° с. ш. Это обстоятельство противоречит представлениям о широком развитии пермского оледенения в Антарктиде. А. А. и

Данные В. И. Устрицкого (1972) для северных материков, В. Г. Фролова для Австралии (1972) и некоторые другие показывают, что максимум покровного оледенения здесь имел место в сакмарском веке перми, т. е. датируется 270—280 млн. лет. Более ранние и более поздние эпохи похолодания в позднем карбоне и ранней перми приводили преимущественно к развитию отдельных горных оледенений, а в длительные межледниковые эпохи климат был довольно теплый. Б. М. Келлер (1972) оценивает возраст гондванского позднепалеозойского оледенения в 300—310 млн. лет, что соответствует среднему карбону. Проявления начальных фаз оледенения датируются ранним карбоном (350 млн. лет), оледенение продолжалось до сакмарского и артинского веков (270—280 млн. лет). В околополярных зонах оледенение фиксировалось до казанского века, как минимум до 240 млн. лет, но этот интервал, по-видимому, не должен рассматриваться как аномальный. Таким образом, позднепалеозойское оледенение продолжалось весьма протяженный интервал времени, охватывающий до 70—80 млн. лет, его экстремальное развитие датируется 270—280 млн. лет. Однако гондванское оледенение, вероятно, не захватывало большие площади и едва ли льды опускались далее широт 60°. Характерно, по-видимому, что максимального развития оледенение достигло к концу аномального периода, в сакмарском веке.

Следы оледенений в мезозое совершенно незначительны. Признаки оледенения в юрский период в Антарктиде отмечаются В. Е. Хаиньным (1971).

По данным определения палеотемператур похолодание в келловее довольно отчетливо, однако интенсивность этого похолодания заметно меньше, чем в позднем палеозое и в кайнозое. Р. Ф. Фейбридж (1968), проанализировав все имеющиеся данные по палеоклиматологии, приходит к заключению, что в поздней перми, мезозое и кайнозое не было крупных оледенений и карбонаты распространялись почти до полюсов.

Кайнозойское оледенение, несомненно, наиболее изучено. Длительность его составляет по разным оценкам от 0,5 до 1,2 млн. лет. Многочисленные следы оледенения отмечаются в северном полушарии, центр оледенения находится на широте 70—75° в Северной Атлантике или Гренландии. Ледниковый покров перекрывал Европу до параллели 50° с. ш., север Западной Сибири и п-ов Таймыр, всю Канаду и северную часть США. В южном полушарии помимо Антарктиды, которая вся была покрыта льдами, отмечается снижение снеговой линии до 3000 м (против 4500 м в настоящее время) в горах Экваториальной Африки.

Новые данные о дочетвертичном развитии последнего ледникового периода обобщены Н. В. Киндом (1974). В Южной Аляске морские тиллиты формируют ряд горизонтов, возраст которых определен калий-аргоновым методом от 10 до 3,6 млн. лет. Тиллиты ориентировочного возраста 2,5—5,0 млн. лет установлены в Южной Калифорнии и Исландии. Изучение льдов Антарктиды показало, что ледниковый щит существовал здесь непрерывно с эоцена

(50 млн. лет). Следовательно, антропогенное оледенение нужно рассматривать как фазу более протяженного великого оледенения.

На примере антропогенного оледенения можно наметить некоторые особенности развития эпох глобального похолодания. Выясняется, что интенсивное похолодание началось примерно 1,0 млн. лет назад одновременно в Арктике и Антарктике. Ледниковая фаза установилась быстро, без существенного изменения позиции полюсов относительно их нынешнего положения. Это свидетельствует, что не миграция полюсов или перемещение материков явились причиной похолодания. В качестве его причины нельзя привлечь и изменение океанических течений в связи с возникновением подводных порогов или континентальных перешейков, так как, во-первых, процессы формирования таких структур, по-видимому, более продолжительны и, во-вторых, причины такого рода не могут объяснить синхронного быстрого похолодания и в Арктике и в Антарктике.

Подведем некоторые итоги рассмотрения имеющихся данных о великих оледенениях Земли.

1. Оледенения в фанерозойской истории возникают периодически и неоднократно, причем длительные нормальные интервалы безледникового развития сменяются более короткими аномальными интервалами широкого развития ледников, площади которых возрастают на несколько порядков. Это, несомненно, позволяет говорить о цикличности похолоданий в истории Земли.

2. Масштабы оледенений еще не могут быть оценены количественно, поэтому наши представления о длительности периодов оледенения и их площадном распространении весьма приближенны. В первом приближении масштабы оледенения, по-видимому, могут быть оценены мерой полосы широт, занятой покровными оледенениями. Если признавать миграцию полюсов и континентов, то наибольшим по этому критерию должно быть признано лапландское оледенение (60°), вторым по величине следует считать антропогенное ($40-50^\circ$); гондванское и ордовик-силурийское оледенения были наименее интенсивными. По длительности проявлений при всей ориентировочности оценок в порядке убывания следуют оледенения: гондванское (70—80 млн. лет), лапландское, ордовик-силурийское и кайнозойское (40—50 млн. лет). Антропогенное оледенение еще далеко от завершения.

3. Несомненно выделяются три завершенных общемировых периода великих оледенений в венде и фанерозое:

- а) лапландское — в интервале 600—640 млн. лет (620 ± 20 млн. лет);
- б) раннепалеозойское — в интервале 420—460 млн. лет (440 ± 10 млн. лет);
- в) позднепалеозойское — 270—350 млн. лет, экстремум 270—280 млн. лет (310 ± 40 млн. лет).

Четвертое великое оледенение в антропогене, судя по продолжительности вендско-палеозойских оледенений, не завершено. Вне названных периодов великих оледенений следы деятельности лед-

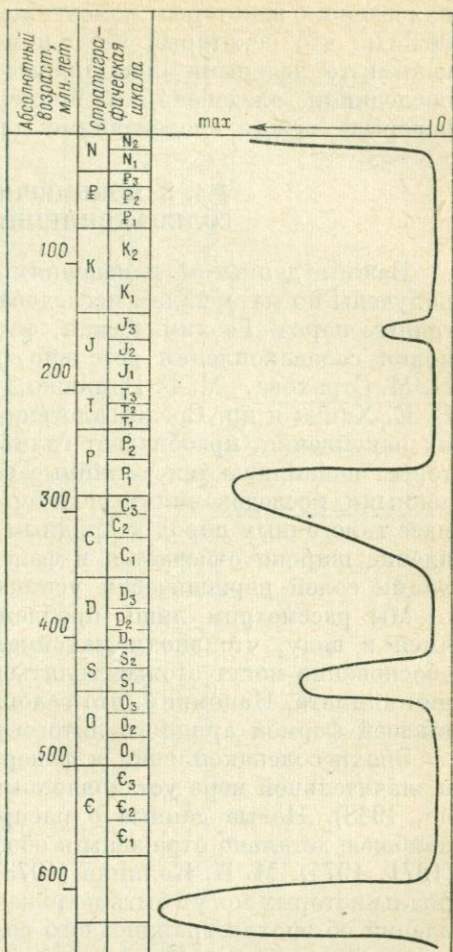
Рис. 28. График великих оледенений в истории Земли

ников покровного типа на территории суши не отмечаются, за исключением слабых проявлений юрского оледенения в Антарктиде.

4. Не отмечается единой строгой цикличности великих оледенений, оцененной Г.Ф. Лунгергаузенем (1963) периодом в 180—200 млн. лет, М. Шварцбахом и Б.М. Келлером (1972) — в 300 млн. лет. Для вендско-палеозойских оледенений наиболее вероятно цикличность в 170—180 млн. лет; эта цикличность не соблюдается на мезозойско-кайнозойском этапе развития. Однако выделение келловейского (160 млн. лет) похолодания сравнительно восстанавливает цикличность, так как первые фазы позднепалеозойского и антропогенного оледенений разделяет интервал времени примерно в 300 млн. лет.

5. Великие оледенения охватывают протяженные интервалы геологической истории, оцениваемые в 40—80 млн. лет, что соизмеримо с геологическими эрами. Вместе с тем наступление отдельных фаз оледенений происходит геологически мгновенно. Фазы оледенений разделены фазами существенного потепления климата.

6. Принимая вслед за Г. Ф. Лунгергаузенем, А. А. Мейергоффом и другими исследователями эпохи великих оледенений в качестве климатических «ледниковых минимумов», можно оценить интенсивность (как параметр, характеризующий распространенностью и длительностью) четырех великих оледенений следующим образом: лапландское и гондванское — 6 баллов, антропогенное 4—5 баллов, ордовик-силурийское — 3 балла, келловейское похолодание — 1 балл. С учетом этих соображений может быть построен схематизированный график развития оледенений в истории Земли (рис. 28), который позволяет охарактеризовать цикличность оледенений как прерывисто гармоническую с периодом 160—175 млн. лет для



палеозоя и с некоторым изменением режима в мезозое. Если предположить, что некоторый цикл в мезозое оказался экранированным какими-то неясными пока процессами, то интервал между двумя последними оледенениями примерно вдвое превышает величину перерыва между оледенениями для палеозоя — венда.

§ 4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ МАСШТАБОВ СОЛЕНАКОПЛЕНИЯ В ФАНЕРОЗОЕ

Важные данные об изменениях глобального климата могут быть получены по материалам исследования масштабов накопления галогенных пород. Геохимическая, фациальная и тектоническая обстановки соленакопления детально рассмотрены в трудах Ф. Лотце, Н. М. Страхова, М. Г. Валяшко, А. А. Иванова, М. П. Фивега, В. Е. Хаина и др. Среди галогенных пород, особенно при массовом их накоплении, преобладает галит, в парагенетической связи с которым накапливаются калийные соли, гипсы и ангидриты. Проведенными исследованиями подтверждена приуроченность основных масс галогенных пород к аридным климатическим зонам. Соленакопление широко отмечается в фанерозое, причем процессы аккумуляции солей периодически усиливаются или ослабляются.

Мы рассмотрим лишь проблему цикличности соленакопления, имея в виду, что эпохи максимального соленакопления наиболее обоснованно могут отождествляться с эпохами глобальной аридизации климата. Напомним, что галогенез признается Н. М. Страховым высшей формой аридного литогенеза.

Эпохи соленакопления в фанерозойской истории можно считать в значительной мере установленными (Н. М. Страхов, 1963; Ф. Лотце, 1968). Новые данные о распространении соляных комплексов наиболее детально отражены в обобщающих работах М. А. Жаркова (1971, 1974), М. К. Калинин (1973) и Л. Н. Капченко (1974), материалы которых могут быть положены в основу современных представлений об эпохах грандиозного солеобразования или великих засолений в истории Земли.

Анализ распространенности эвапоритов во времени позволил Ф. Лотце (1968) сформулировать следующий вывод: «Интенсивность галогенеза в разные периоды была различной. Были эпохи и периоды, в течение которых соленосные отложения почти не образовывались или же накапливались в незначительных количествах. Но существовали и эпохи интенсивного галогенеза, приводившего к накоплению громадных толщ эвапоритов. Эпохами интенсивного галогенеза были ранний кембрий, поздний силур, средний, особенно поздний девон, пермь, как ранняя, так и поздняя, поздний триас, поздняя юра и ранний мел, рубеж между эоценом и олигоценом, наконец, миоцен. Для этих эпох характерно широкое развитие аридного климата» (стр. 330).

Представления М. К. Калинин (1972) и М. А. Жаркова (1971) сопоставлены на рис. 29. Необходимо отметить, что график М. К. Калинин является излишне схематизированным — так, максимумы

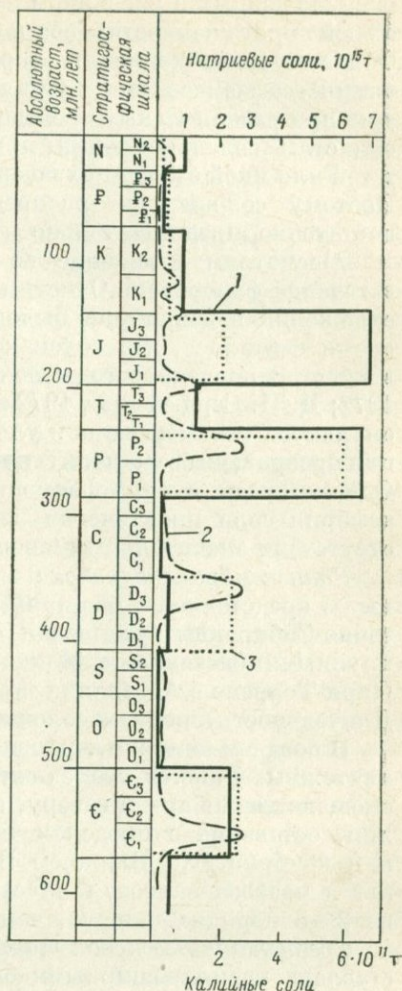
Рис. 29. Распределение соленакпления в фанерозе по оценкам М. К. Калинин (1), М. А. Жаркова (2) и А. А. Иванова (3)

соленакпления в перми и юре по имеющимся данным могут быть выделены более дифференцированно: соленакпление происходило преимущественно во второй половине ранней перми, в поздней перми и в поздней юре.

А. А. Ивановым (1975) исследованы закономерности фанерозойского накопления природных калийных солей. Хотя масштабы калийного соленакпления примерно на 4 порядка меньше, чем натриевого, относительное усиление и ослабление калийного соленакпления количественно оценено более достоверно, так как в большинстве бассейнов калийных солей произведен подсчет их запасов. Максимумы запасов калийных солей также отвечают эпохам общей аридизации глобального климата. Как следует из рис. 29, максимумы калийного соленакпления в девоне, перми, юре установлены вполне отчетливо, а информация по нижнему палеозою остается недостаточной. Поэтому совпадение максимумов калийного и натриевого соленакпления следует признать практически полным.

В настоящее время соленосные отложения значительной мощности установлены на всех материках, кроме слабоизученной Антарктиды. Общее число соляных бассейнов превышает 100, однако основные массы соли сосредоточены в 20—25 крупнейших бассейнах.

Сравнительно подробные данные о размещении соленосных бассейнов и соленосных формациях приведены в монографии Л. Н. Капченко (1974). Новые зоны значительного соленакпления устанавливаются в последнее время в морских бассейнах. Обобщение данных по глубоководному соленакплению позволило Д. Кинсману (1975) сделать заключение, что при рифтогенезе соленакпление происходит лишь в низших широтах, примерно в 35° к югу и северу от экватора (Красное море, Атлантика, близ Танзании) в узких бассейнах красноморского типа. Из 11 000 зон морского рифтогенеза,



расположенных в указанном поясе широт, примерно 9000 км (~80% общей протяженности) сопровождаются накоплением эвапоритов. Области соленакопления характеризуются крупными специфическими геофизическими аномалиями, что облегчает их обнаружение уже при региональных исследованиях. Большое внимание уделяется областям соленакопления при поисках нефти и газа, которыми в той или иной степени охвачены все крупнейшие депрессии планеты. Поэтому современное распределение солей может быть оценено достаточно представительно.

Рассмотрим изменение во времени масштабов соленакопления в течение фанерозоя. Отметим сначала, что накопление соленосных отложений в докембрии было совершенно незначительным. Долгое время считалось, что соленакопление в докембрии не происходило вообще. В последние годы некоторые исследователи (О. И. Лунева, 1972; Д. П. Сердюченко, 1972 и др.) полагают, что в результате регионального метаморфизма и ультраметаморфизма соленосные отложения превращены в скаполит- и турмалинсодержащие сланцы и гнейсы. Однако среди субплатформенных и платформенных отложений докембрия соли практически неизвестны, что подтверждает вывод об отсутствии значительных масштабов галогенеза в докембрии.

Раннекембрийская эпоха — первое великое засоление в фанерозое — представлена обширными бассейнами соленакопления Восточно-Сибирским (усольская свита), Ирано-Пакистанским и менее крупными бассейнами Маккензи в Северной Канаде, Амадиес и Пири-Торренс в Австралии. Масса накопившейся соли около $3 \cdot 10^{15}$ т. Длительность эпохи засоления не более 20—30 млн. лет.

В позднем кембрии, ордовике и силуре масштабы соленакопления ничтожны. Районы его значительного развития изменяются мало, смещаясь в Сибири к северу, в Северной Америке к югу, а в Австралии, оставаясь в пределах той же зоны современных широт, что и в кембрии. На Ближнем Востоке послераннекембрийских солей нет в разрезе палеозоя. Массы накопившейся соли в эти периоды на 2—3 порядка меньше, чем в кембрии.

Среднепозднедевонская эпоха — второе великое засоление — представлена тремя обширными бассейнами: Северо-Сибирском, Западно-Канадским и Московско-Гульским. Значительные области развития эвапоритов обнаружены на севере Евразии и Америки и на многих арктических архипелагах (острова Шпицберген, Гренландия, Новосибирские, Канадский архипелаг). Основные районы соленакопления в эту эпоху располагаются в пределах $50—85^\circ$ с. ш. Южнее до 40° с. ш. отмечаются мелкие бассейны соленакопления, в том числе Тувинский, Чу-Сарыуский, Львовский, Мичиганский и др. Впервые в это великое засоление формируется крупная соленосная впадина авлакогенного типа — Припятско-Днепровско-Донецкая. На материках гондванской группы соленакопление сравнительно скромных масштабов отмечено лишь в отдельных небольших грабенах Северо-Западной Австралии. В связи со слабой изученностью арктических территорий объемы девонского соленакопления не могут быть оценены строго. Сумма площадей девонского соленакопления

не меньше площадей раннекембрийского соленакопления (2—3 млн. км²). Соляные купола в девонских толщах, свидетельствующие о значительной мощности соли, развиты в ряде арктических бассейнов, в Днепровско-Донецкой и Чу-Сарысуйской впадинах. Поэтому представляется правильным оценить массу девонской соли примерно равновеликой массе нижнекембрийской соли, т. е. $3 \cdot 10^{15}$ т. Длительность второго великого засоления не превышает 30—40 млн. лет.

В каменноугольный период соленакопление прекратилось на территории Евразии, Арктической Канады и Австралии, где известны только сульфатные отложения. Относительно небольшие бассейны соленакопления установлены в Уиллистонском бассейне, в бассейнах Парадокс и Солтвил, в синеклизе Гудзонова залива в Северной Америке, самые древние палеозойские эвапориты в Южной Америке установлены в отложениях среднего — верхнего карбона в Амазонской синеклизе. Нельзя исключить, что эвапориты, залегающие в основании разреза синеклизы, имеют девонский возраст. Общий объем соленакопления в карбоне примерно в 20—30 раз ниже, чем в девоне.

Пермское — третье великое соленакопление очень широко распространено в Европе, где огромные объемы пермских солей накопились в Прикаспийской впадине, Предуральском прогибе, Средне-европейском бассейне и Днепровско-Донецкой впадине. Обширные области соленакопления установлены в Мидконтиненте США, в Чу-Сарысуйской депрессии, в Азии, в Предандийском прогибе; небольшие скопления пермской соли отмечены в Австралии. Следует отметить, что на остальных материках гондванской группы и на большей части Азии значительного накопления пермских солей не установлено. Площадь пермского соленакопления оценена примерно в 3,5—4,0 млн. км². Однако нам представляется, что пермский возраст имеют и соли Мексиканского залива, с учетом которых площадь пермского соленакопления увеличится до 5,2 млн. км². Массу пермской соли М. К. Калинин оценивает в $6,9 \cdot 10^{15}$ т, а количество кунгурской соли «в огромном бассейне, протягивающемся от современных верховьев р. Печоры до Северного Каспия», — в $1,7 \cdot 10^{15}$ т. В своей монографии М. К. Калинин (1972) определяет массу соли Прикаспийской впадины в $4,3 \cdot 10^{15}$ т. М. А. Жарков полагает, что в течение второй половины ранней перми и в позднепермское время накопилось лишь $3,0 \cdot 10^{15}$ т соли. Как показали расчеты И. П. Зубова, Н. Я. Кунина и др. (1972), только кунгурский соленосный комплекс, ограниченный бортовыми зонами Прикаспийской впадины, имеет массу более $3,0 \cdot 10^{15}$ т, следовательно, масштабы пермского соленакопления во всем мире в несколько раз больше, и, по-видимому, превышают цифры М. А. Жаркова, приближаясь к оценке М. К. Калинин.

С отнесением к перми солей Мексиканского залива — $(3,0 \div 4,0) \cdot 10^{15}$ т — масса пермских солей составит примерно $(10 \div 11) \cdot 10^{15}$ т. Таким образом, по сравнению с другими периодами палеозойских великих засолений площади пермского засоления

в 1,2—1,9 раза выше, а масса накопившейся за это время соли в 2—4 раза больше. Период пермского засоления продолжается от кунгурского века перми до конца поздней перми, т. е. находился в интервале 270—230 млн. лет.

В *триасовый период* соленакopление было сконцентрировано в Средиземноморской зоне, а также в отдельных слабоизученных бассейнах Китая и Восточной Африки. М. А. Жарков относит к триасовым соли Галф-Коста и с учетом этого оценивает объем триасового соленакopления в $1,5 \cdot 10^{15}$ т. М. К. Калинин считает триасовыми соли бассейнов западной части Средиземного моря (по последним данным бурения «Гломар Челленджер» и сейсмическим работам, результаты которых опубликованы К. Гинцем, 1972; К. Хсю, 1972 и др.; возраст солей Лигурийского, Болеарского и других бассейнов средиземноморской акватории позднемиоценовый); он, вероятно, существенно завысил также объемы соли в отдельных грабенах Танзании и Сенегала. Поэтому полученная им цифра $1,3 \cdot 10^{15}$ т представляется также несколько завышенной. Для триасового соленакopления может быть намечен один достоверный крупный Северо-Африканский (Магрибский) бассейн; остальные бассейны в Западной Европе, Юго-Восточной Азии и США очень невелики по размерам.

Площадь соленакopления в триасе составляет порядка 1 млн. км², а массу накопившихся солей следует приблизительно оценить в $1 \cdot 10^{15}$ т.

Юрское соленакopление при значительном сокращении в Западном Средиземноморье получило развитие в бассейнах Персидского залива и молодой платформы Юга СССР. М. К. Калинин оценивает юрское соленакopление цифрой $7,1 \cdot 10^{15}$ т, полагая его максимальным в геологической истории; из этого количества $6,3 \cdot 10^{15}$ т он относит к солям Галф-Коста, а $0,5 \cdot 10^{15}$ т — к солям молодой платформы Юга СССР. Этим автором, по-видимому, несколько недооценены масштабы соленакopления в юрское время на Ближнем Востоке.

Нам представляется, что объем юрской соли может быть определен примерно равным объему триасовой соли или несколько меньшим последнего. Здесь уместно привести некоторые соображения относительно вероятного возраста и объема солей Галф-Коста.

1. В настоящее время установлено, что диапировые структуры охватывают не всю площадь Мексиканского залива, а образуют несколько ареалов, крупнейший из которых тяготеет к северной части залива и побережью; второй по величине тяготеет к юго-западной части залива и третий, относительно небольшой, располагается в центральной части залива. Общая площадь соленакopления в 2—3 раза меньше площади Мексиканского залива.

2. В Северной Америке отмечается закономерное смещение во времени в течение палеозоя ареалов соленосности к югу. Северный соленосный ареал Галф-Коста, возраст соли которого не изучен достоверно, располагается практически на той же широте, что и Пермский бассейн с пермскими эвапоритами. Доказательства разделения этих бассейнов в перми выступом Льяно носят предполо-

жительный характер. Взаимное положение этих структур весьма сходно с позицией Предуральского прогиба, Соль-Илецкого выступа и Прикаспийской впадины, где, как известно, Соль-Илецкий выступ не изолировал Прикаспийскую впадину от Предуралья. Большинство американских исследователей оценивают возраст солей Галф-Коста как пермский или доюрский.

3. Эвапориты бассейна Истмус-Табаско в Юго-Восточной Мексике формировались до позднечурской эпохи. Юрские органические остатки были обнаружены при морском бурении в кепроке соляного купола впадины Сигсби, в центральной части Галф-Коста. Поэтому раннечурский или триасовый возраст солей может приниматься только для южных соляных ареалов Галф-Коста. Юрские соляные диапиры Кубы, используемые как довод в пользу одновозрастности солей Галф-Коста, располагаются в западной части острова, тяготеющей к Багамской погруженной плите, и не связаны в своем развитии с Галф-Костом.

4. По палеотемпературным и палеобиологическим данным юрский климат отличался низкой климатической контрастностью и был неблагоприятным для интенсивного развития соленакопления. Н. М. Страхов (1963) отмечает, что ранняя и средняя юра — это единственный в фанерозое длительный интервал времени, когда на всей территории Земли не отмечалось галогенеза.

Исходя из этих соображений, мы склонны считать наиболее вероятным возраст солей Галф-Коста не моложе триаса, скорее всего позднечурским, а масштабы юрского соленакопления, оцененные М. К. Калинко, представляются резко завышенными.

Меловое соленакопление характеризуется приуроченностью групп мелких бассейнов к предандийской области и к береговым и шельфовым зонам Южной Атлантики (Нигерский, Габонский, Кванза, Конго, Серджиби в Восточной Бразилии). Площади мелового соленакопления в Южной Атлантике полностью не изучены, масса соли примерно в 2—3 раза меньше массы юрской соли (т. е. составляет около $0,4 \cdot 10^{15}$ т).

Палеогеновые эвапориты являются большой редкостью. Мелкие бассейны с палеогеновыми солями небольшой мощности встречаются в Средиземноморско-Центральноазиатской зоне, в Рейнском грабене. Масштабы палеогенового соленакопления примерно в 20 раз меньше масштабов юрского соленакопления. Палеоген всеми исследователями рассматривается как время резкого сокращения соленакопления.

Неогеновые соленосные отложения широко распространены в Средиземноморье, в альпийской складчатой зоне Евразии и во впадинах эпициатформенного пояса поднятий Азии. Соли имеют неизменно миоценовый возраст. Соли этого возраста обнаружены и во впадинах Средиземного и Красного морей, в континентальных межгорных впадинах Азии. Несмотря на многочисленность миоценовых бассейнов, все они имеют незначительные размеры. М. К. Калинко выделяет огромный Красноморский и крупный Месопотамский грабены. Новые результаты геолого-геофизических исследований сви-

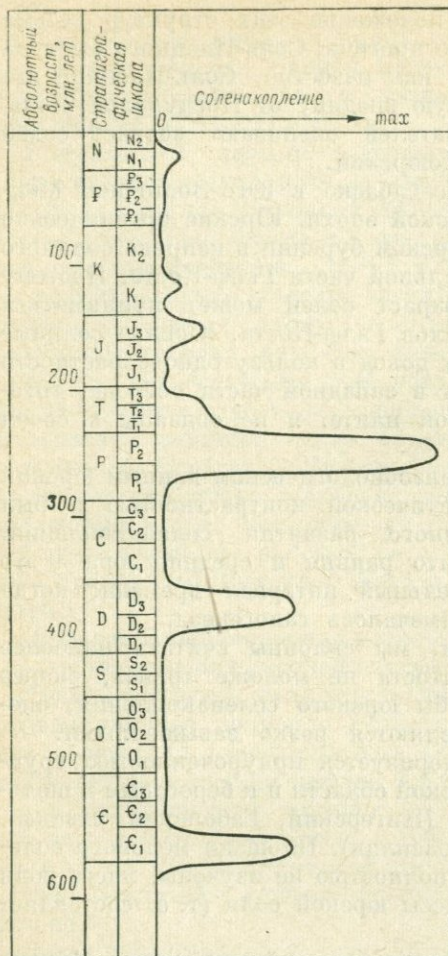


Рис. 30. График изменения интенсивности соленаккопления в фанерозе

детельствуют о том, что объединять отдельные небольшие соленосные грабены (типа Мертвого моря) в крупные единые соленосные структуры нет оснований. По оценкам М. К. Калинко из $1 \cdot 10^{15}$ т миоценовой соли $0,82 \cdot 10^{15}$ т приходится на Красноморский и Месопотамский макрограбены. Нам представляется, что с учетом Лигурийской, Болеарской и других областей соленаккопления в миоцене, не учтенных М. К. Калинко, масса миоценовой соли может быть оценена не более $0,4 \cdot 10^{15}$ т.

Прежде чем подвести итоги, отметим, что приуроченность великих засолонений к периодам общей аридизации климата Земли оспаривается отдельными исследователями.

Делаются попытки связать галогенез с формированием горных сооружений на завершающих этапах тектонических циклов, с про-

явлением эффузивной деятельности, с выносом натрия и хлора в результате усиления денудации, с изменением физико-химических условий. Рассмотрение конкретной геологической обстановки в крупнейших бассейнах соленаккопления СССР определенно не позволяет однозначно связывать всякое интенсивное соленаккопление с эффузивной деятельностью. Например, кунгурские соли Прикаспия и верхнеюрские галогенные толщи Средней Азии не обнаруживают какой-либо связи с эффузивными процессами. Приходится признать, что источники усиленного поступления соли в гидросферу в должной мере не выяснены. Однако важно подчеркнуть, что галогенез становится возможным не столько в связи с усилением поступления соли в гидросферу, сколько в связи с условиями высыхания водоемов, садки соли, т. е. с аридизацией климата.

Подведем некоторые итоги изучения закономерностей соленаккопления в фанерозе. Основные количественные характеристики эпох

Основные эпохи соленакпления, аридизации климата Земли

п/п	Эпохи засоления в фанерозе	Датировка возраста в млн. лет; длительность в млн. лет	Ориентировочное количество соли, т	Полоса современных широт по Брайдену	Полоса широт по палеогеографическим реконструкциям	Главные крупные районы соленакпления	Оценка, балл
1	Раннекембрийская	C_1 , 570—540; 20—30	$3 \cdot 10^{15}$	20—75° с. ш. 20—30° ю. ш.	10° ю. ш.— 10° с. ш.	Восточно-Сибирский, Ирано-Пакистанский, Канада, Австралия	15
2	Средне-позднедевонская	D_{2-3} , 405—380; 30—40	$3 \cdot 10^{15}$	40—85° с. ш. 20—30° ю. ш.	10° ю. ш.— 40° с. ш. 10—20° ю. ш.	Северо-Сибирский, Западно-Канадский, Московско-Тульский, Припятско-Днепрово-Донецкий	15
3	Пермская	$P_{1kg} - P_2$, 270—230; 40	$(6 \div 11) \cdot 10^{15}$	30—70° с. ш. 0—15° ю. ш.	10° ю. ш.— 30° с. ш.	Прикаспийский, Средне-европейский, Мидконтинент, Галф-Кост (?)	30—55
4	Триасовая	T_{1-2} , 230—210; 20	$1 \cdot 10^{15}$	20—50° с. ш.	20—50° с. ш.	Магрибский	5
5	Юрская	J_3 , 155—140; 15	$1 \cdot 10^{15}$	20—40° с. ш. 10° с. ш.—20° ю. ш.	30—50° с. ш.	Среднеазиатский	5
6	Меловая	K_1 , 120—105; 15	$0,4 \cdot 10^{15}$	30° ю. ш.—10° с. ш.	?	Габонский	2
7	Миоценовая	N_1 , 25—15; 10	$0,4 \cdot 10^{15}$	15—50° с. ш.	10—50° с. ш.	Месопотамский, Средиземноморский	2

великих и крупных засоленений вынесены в табл. 10, а график соленакпления в фанерозое, составленный нами с использованием вышеописанных данных и соображений, приведен на рис. 30.

1. Соленакпление в течение фанерозоя носит отчетливо импульсивный циклический характер: протяженные интервалы времени с незначительным соленакплнением длительностью до 150 млн. лет сменяются кратковременными интервалами (длительностью обычно 30 млн. лет, возможно, до 50 млн. лет) интенсивного соленакпления, масштабы которого возрастают в эти периоды в 5—10 раз и более.

2. Обращает на себя внимание, что соленакпление в палеозое характеризуется значительно большими масштабами, чем в мезозойско-кайнозойское время. В среднем за 1 млн. лет в палеозое накапливалось около $4 \cdot 10^{13}$ т соли, в мезозое — $1,5 \cdot 10^{13}$ т, в кайнозое — $0,7 \cdot 10^{13}$ т. Следовательно, процесс соленакпления в фанерозое носит, по-видимому, направленно-затухающий характер.

Рассматривая пермо-триасовый и верхнеюрско-нижнемеловой максимумы соленакпления как единые, можно наметить пять низкочастотных всплесков соленакпления.

3. Максимумы соленакпления распределены с периодичностью: в палеозое — 165—135 млн. лет, а в мезозое — кайнозое — 100—140 млн. лет.

4. Пермо-триасовый максимум соленакпления является аномальным по интенсивности, после чего в режиме соленакпления отмечаются заметные изменения: при общем сокращении масштабов соленакпления оно становится более равномерно распределенным во времени.

5. Оценивая масштабы соленакпления в баллах, характеризующих масштабы и площади соленакпления, и полагая, что эпохи слабого соленакпления ($0,2 \cdot 10^{15}$ т и менее) могут быть оценены в 1 балл, получим оценки: для миоценового и мелового засоления — 2 балла, для юрского и триасового — 5 баллов, для девонского и раннекембрийского великих засоленений — 15 баллов, аномальное великое засоление в перми характеризуется величиной 30—55 баллов.

§ 5. ЗАКОНОМЕРНОСТИ МАСШТАБОВ ФОСФОРИТООБРАЗОВАНИЯ В ФАНЕРОЗОЕ

Фосфоритообразование относится к числу плохо изученных климатических индикаторов. Н. С. Шатский, Н. М. Страхов и другие исследователи связывают фосфоритообразование с теплым или жарким климатом. Масштабы фосфоритообразования и его распределение во времени слабо изучены, однако его связь с биосферой представляется весьма вероятной, поэтому в нашем исследовании представляют интерес даже самые ориентировочные характеристики распределения во времени и цикличности фосфоритообразования.

Изучение распределения фосфоритов в земной коре основывается на анализе их максимальных концентраций в месторождениях, общие запасы которых оцениваются в $1,8 \cdot 10^9$ т в пересчете на фосфор

(Б. М. Гимельфарб, Н. М. Страхов, И. А. Красильникова). Эта величина занижена приблизительно на порядок, так как не учтены убогие руды фосфора и потенциальные возможности открытия новых месторождений. По данным А. Б. Ронина и Г. А. Корзиной (1960) во всех осадочных породах земной коры за всю историю ее формирования накопилось $8,2 \cdot 10^{14}$ т фосфора, в океанической воде сегодняшнего Мирового океана его содержится $7,1 \cdot 10^{10}$ т, т. е. количество фосфора, аккумуляированного в месторождениях, в 40 раз меньше современных его запасов в океанах и на несколько порядков ниже его количества, рассеянного в осадочной оболочке Земли. Корреляционные связи между рассеянным и концентрированным в месторождениях фосфором достаточно сложны и не выявлены до конца.

Существует точка зрения, что процессы, обусловившие формирование месторождений фосфоритов и накопление рассеянного фосфора, неоднозначны и обусловлены различными причинами. Это положение на примере Восточно-Европейской платформы достаточно обоснованно доказывают А. Б. Ронов и Г. А. Корзина, сравнивая изменение во времени фоновых (среднее содержание в породе) и промышленных концентраций фосфора. Распределение рассеянного фосфора в глинистых, карбонатных и песчаных породах различного возраста не связано прямой пропорциональной зависимостью с максимальными концентрациями фосфоритов в месторождениях (рис. 31).

На графике распределения запасов фосфоритов по стратиграфическим комплексам (рис. 31) фиксируются три эпохи фосфоритообразования: в нижнем палеозое (кембрий — ордовик продолжительностью около 75 млн. лет с максимумом в нижнем кембрии), в перми (длительность около 50 млн. лет) и в мел-палеогеновое время (около 70 млн. лет). К отложениям этого возраста приурочено 99% мировых запасов фосфоритов. Эпохи интенсивного фосфоритообразования разделены длительными этапами истории Земли, когда процессы накопления фосфоритов не происходили или проявлялись слабо. Продолжительность этих этапов (около 150 млн. лет) в 2—3 раза превышает длительность эпох фосфоритообразования.

Е. К. Герасимов (1972) выделяет одиннадцать эпох фосфорито-накопления от среднего кембрия до плиоцена включительно, но не дает их количественной характеристики (величины выявленных запасов), что затрудняет сопоставление его данных с материалами других авторов. Он указывает только, что к верхнему мелу и эоцену приурочены гигантские месторождения Африки (запасы фосфоритов более 20 млрд. т), а в миоцене в Перу открыто месторождение, потенциальные запасы которого оцениваются в 38 млрд. т фосфоритов.

В целом следует отметить, что распределение запасов фосфора изучено еще недостаточно, поэтому представительность данных об изменении интенсивности фосфоритонакопления существенно меньше по сравнению с представительностью данных об оледенениях или соленакоплении.

Сравнение кривой фосфоритообразования с графиком соленакопления (рис. 30 и 31) показывает, что часть эпох интенсивного накопления фосфоритов в ордовике и в мел-палеогеновое время сов-

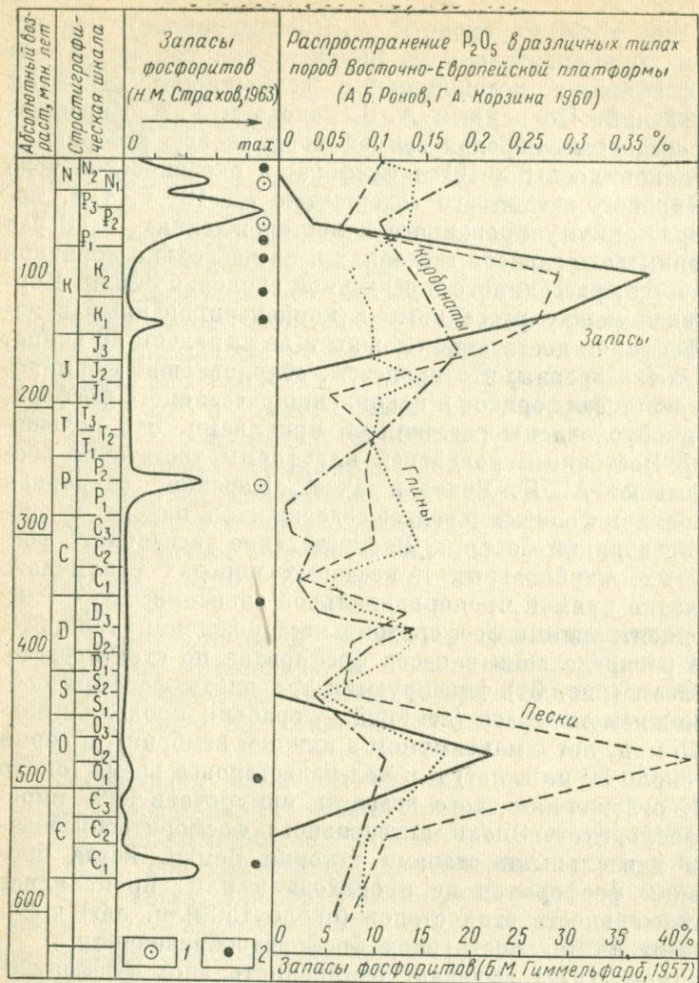


Рис. 31. Кривая распределения суммарных запасов месторождений фосфора в отложениях фанерозоя

Эпохи фосфоритонакопления (по Е. К. Герасимову, 1972): 1 — крупнейшие; 2 — прочие

падает с периодами «нормального» соленакопления. Обнаруживается совпадение максимумов этих процессов в нижнем кембрии и перми, а также в миоцене.

Основные закономерности фосфоритонакопления можно сформулировать в следующей форме.

1. Интенсивность процессов фосфоритообразования в фанерозойской истории Земли периодически возрастает; намечаются три эпохи максимального накопления фосфоритов: в кембрии — ордовике, в перми и в мел-палеогеновое время длительностью по 50—75 млн. лет, разделенные периодами ослабления или даже прекращения процессов аккумуляции фосфора продолжительностью около 150 млн. лет.

2. Соотношение между соленакоплением и фосфоритообразованием меняется в фанерозойской истории следующим образом: в па-

леозое экстремумы фосфоритонакопления совпадают с великими засолениями, в мезозое — кайнозое мел-палеогеновая эпоха максимального фосфоритообразования совпадает по времени с нормальным уровнем солеобразования, миоценовые максимумы обоих процессов совпадают.

3. Это позволяет по степени аридизации наметить три эпохи совместного развития соле- и фосфоритонакопления: в нижнем кембрии (550 млн. лет), в перми (250 млн. лет) и в миоцене (15 млн. лет). Остальные периоды аридизации оцениваются раздельно либо усилением солеобразования, либо усилением фосфоритообразования.

§ 6. НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПАЛЕОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПАЛЕОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ О МАКРОКЛИМАТАХ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО

Быстрый прогресс методов исследований и независимость информации требуют привлечения материалов палеотемпературных и палеобиологических индикаторов для решения вопросов закономерностей изменения макроклиматов Земли.

Необходимо отметить, что палеобиологические индикаторы в палеозое не обнаруживают климатических зон, близких современным. Поэтому интерпретация этих индикаторов должна проводиться с учетом неоднозначных представлений о дрейфе полюсов и континентов. Сравнительно достоверные материалы о палеоклиматологии по данным биологических индикаторов намечаются с девона, когда на суше впервые появились многообразные виды наземных растений и позвоночных, достоверные следы которых в додевонское время неизвестны. По-видимому, быстрому развитию и расселению наземной девонской растительности предшествовали некоторые важные климатические изменения, сущность которых проблематична. По особенностям флоры палеоклиматическую зональность в девоне и раннем карбоне установить не удастся, фауны девона и раннего карбона также не обнаруживают географической поясной приуроченности, по оценкам О. В. Юферова (1974) они носят общеземной характер. Вместе с тем определенная зональность фауны намечается, в частности морская фауна Урала и Русской платформы резко отлична от фауны Казахстана, Китая и Северной Америки, однако палеоклиматическая роль этих отличий неясна. Флора и фауна девона и нижнего карбона повсюду имеют преимущественно тропический облик.

Для периода от кембрия до раннего карбона включительно по особенностям фауны биологи выделяют Атлантическую и Тихоокеанскую области, граница между которыми проходит субмеридионально в восточнее Урала, смещаясь во времени. Фаунистические комплексы этих областей достаточно близки.

Довольно резкая палеобиологическая пиротная дифференциация намечается для среднего — позднего карбона, перми и триаса, когда намечаются аридные, субтропические и гумидные области. Фауна этого времени дифференцирована и не универсальна в различных районах мира. Однако дифференциация фауны незначи-

тельна и климатическая зональность позволяет выделять только Бореальную и Тропическую климатические области. Различия фаун этих областей остаются относительно небольшими, большинство родов общие, но видовое разнообразие в Тропической области заметно большее.

Палеофлористическая климатическая зональность уверенно намечается для рубежа карбона и перми, когда выделяются четыре флористические сообщества: два тропических — еврамериканское и катазиатское, и два внетропических — ангарское и гондванское. Эта зональность сохраняется в течение большей части перми.

Большое значение имеют палеобиологические материалы для расшифровки истории мезозойско-кайнозойских макроклиматов, когда великие оледенения и засоления отсутствовали и климатические изменения, по-видимому, носили тонкий, не ярко выраженный характер, с отчетливым преобладанием процессов медленных и постепенных. Не анализируя всю совокупность данных о палеобиологических индикаторах климатов, отметим те из них, которые наиболее эффективны при расшифровке климатической истории планеты в мезозое и кайнозое.

Палеоклиматология триаса изучена плохо. Можно, однако, полагать, что переход от перми к триасу, выразившийся в вымирании многих животных на суше и море и появлении новых, нередко неродственных видов, должен быть охарактеризован как период кризиса флоры и фауны, резкого сокращения ареалов их развития. Эволюция в этот период была бурной, участие мутаций очень вероятно. Однако общего разрыва в эволюционном ряду не отмечается, так как имеется несколько зон, в частности на севере Европы и на юге Африки, где отмечается постепенность в изменении фауны от перми к триасу. В раннем триасе, судя по сокращению пояса тропиков и субтропиков, имело место относительное похолодание, а в среднем и позднем триасе, судя по развитию и распространенности крупных рептилий и амфибий, сформировался теплый малокоонтрастный климат с очень широкими зонами тропиков и субтропиков. Принадлежность климата позднего триаса по особенностям фауны и флоры к климату предшествующего времени или тяготение его к новому расцвету флоры и фауны в юре остается неясным.

После угасания влаголюбивой флоры новый пышный расцвет ее в среднем мезозое отличался космополитическим распространением флористических комплексов, дифференциация растительности была слабой, в приполярных областях развивались умеренно теплолюбивые формы.

Палеозоогеографическое районирование юрских и неокомских бореальных бассейнов со всей определенностью свидетельствует о том, что северный географический полюс располагался в районе Берингова пролива. В течение мезозоя в целом, а в ранней — средней юре в особенности, различия температур воды и воздуха между полярными и тропическими областями были незначительными. Температура воды в океане Тетис в течение ранней и средней юры, по оценкам В. А. Вахромеева и др., была лишь на 3—5° С выше, чем

в бореальных морях Сибири. В. М. Синицын (1966) выделял в истории мезозойского климата Евразии долгопериодные изменения, выраженные в чередовании аридных и гумидных фаз: ранний и средний триас — аридная фаза, поздний триас и юра до оксфорда включительно — гумидная фаза. В течение позднетриасово-оксфордского времени аридные флористические области почти совершенно исчезли на территории Евразии.

В поздней юре биоклиматическая зональность вновь становится контрастной и сохраняется такой до настоящего времени; общая относительная позиция зон теплолюбивой и влаголюбивой растительности изменяется слабо и связана лишь с колебаниями границ тропической зоны и зоны лесов умеренного климата. Бореальная и Тропическая фаунистические зоны, начиная с верхнеюрского времени, также различаются достаточно четко.

Наиболее полный анализ данных по палеозоогеографии мезозойских морей выполнен В. Н. Сакс и др. (1971). Он показывает, что по палеозоогеографическим материалам контрастность климатических условий была незначительной в ранней и средней юре и резко усилилась в поздней юре.

Определенное потепление намечается в средней юре, усиливается эндемизм арктической фауны, сокращаются ареалы ее расселения. Во второй половине бата усиливается проникновение в северные моря фауны из западноевропейских морей.

В поздней юре установлено значительное похолодание по миграции бореальной фауны на юг в середине раннего келловея. Эта фауна достигла Кавказа и Средней Азии, юга Западной Европы.

Заметное потепление с дальнейшим проникновением на север теплолюбивых фаун происходит с середины оксфорда. Однако наряду с общим потеплением происходит и нивелировка условий арктической и среднеширотной зон обитания. В позднем кимеридже контрастность фаун и, по-видимому, климата вновь усиливается. Теплый климат сохраняется до конца поздневолжского времени.

На границе с мелом в поздневолжское время отмечается распространение бореальной фауны на юг, которое после задержки в берриасе усилилось вновь в валанжине и готериве.

Середина и конец мелового периода характеризуются широким развитием практически на всей территории суши обильного количества гигантских рептилий, что рассматривается как широкое распространение тропического и субтропического климата по поверхности планеты.

Исследование кайнозойской растительности в связи с общим сходством многих таксонов с современными весьма представительного для восстановления климата прошлого. Широкие исследования в области палеоклиматологии кайнозоя по флорам были выполнены Э. Дорфом (1968), Э. Баргхорном (1968) и др. Общим выводом из этих исследований является установление факта тенденции генерального похолодания климатов в кайнозое, которое весьма наглядно отображено диаграммой изменения во времени ареалов лесов различных климатических зон (рис. 32).

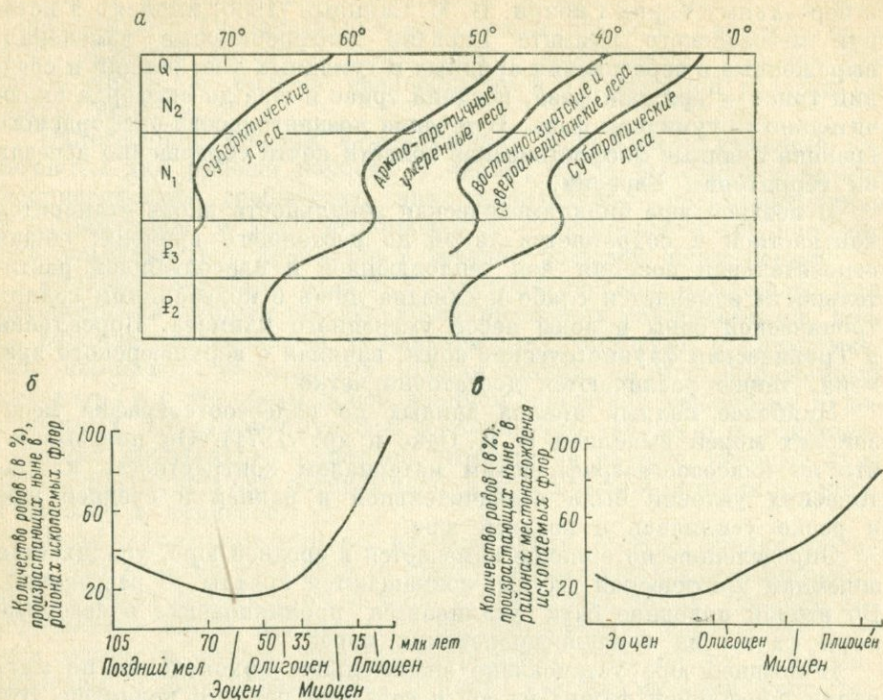


Рис. 32. Изменение флоры во времени и пространстве как индикатор изменения климата

a — перемещение аркто-третичных умеренных лесов западной части Северной Америки (по Э. Дорфу, 1968); графики корреляционной зависимости между возрастом флор и процентным содержанием в них родов, продолжающих ныне произрастать в тех же регионах (по Э. Баргхорну, 1968); б — центральные и восточные штаты США, в — западные штаты США

Важно отметить, что общее потепление климата в олигоцене — миоцене, нарушившее тенденцию похолодания, отмечается на рис. 32, а вполне четко. График изменения числа родов для центральных и восточных штатов США (рис. 32, б) показывает, что температурный режим эоцена и олигоцена был таким же или более теплым, чем в позднем мелу, а резкое похолодание по сравнению с позднемеловым уровнем, фиксируемое в миоцене, произошло за 25—30 млн. лет. В то же время существенно возросла контрастность климатов различных широт.

П. Фурмарье (1971) путем обобщения данных о флорах и фаунах прошлого обосновывает положение о том, что климат Земли оказывается относительно однородным вне ледниковых эпох и приобретает контрастность и отчетливо выраженную широтную зональность в периоды оледенений. Он указывает, что в течение кайнозойской эры в высоких широтах до параллели 80° развивалась древесная флора.

Рассмотрим теперь данные о климатических изменениях в мезозое и кайнозое, полученные в результате палеотемпературных исследо-

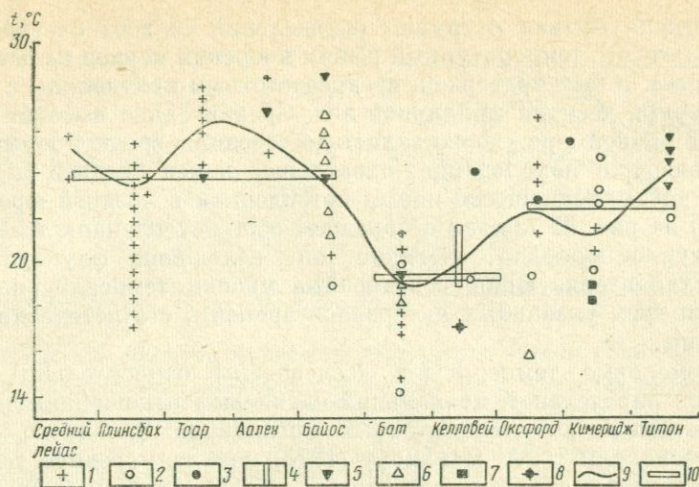


Рис. 33. Палеотемпературы юрского периода различных районов мира (по Р. Боуэну, 1969)

1 — Европа; 2 — Восточная Гренландия; 3 — Канада; 4 — осредненные данные по США; 5 — Аргентина; 6 — Австралия; 7 — Индия; 8 — Аляска; 9 — проведенная нами осредненная кривая; 10 — некоторые осредненные температурные уровни

ваний. Оценки палеотемператур осуществляются преимущественно при масс-спектрометрическом изучении изотопов кислорода или кальций-магниевого соотношения в органогенных кальцитах. Измерение палеотемператур по изотопам кислорода разработано для карбонатных и кремнистых отложений, начаты эксперименты для определения палеотемператур для других окислов, в частности для фосфатов. При определении палеотемператур по различным видам органических остатков и по вмещающим породам величина температуры получается различная. Даже при определениях температуры по раковинам и внутрираковинному веществу брахиопод систематические расхождения в величине температур составляют 10—11° С (Н. А. Ясманов, 1974).

В ряде случаев по планктонным формам удается оценить температуру поверхностных вод океана, а по бентосу — температуру придонных вод. Однако все определения палеотемператур в связи со значительной дисперсией пригодны преимущественно для общего определения относительных тенденций изменения палеотемператур. Вместе с тем данные палеотемпературных измерений в различных районах еще недостаточно обобщены и систематизированы. Неоднородной остается и степень изучения палеотемператур для различных отрезков геологического времени. В целом наиболее полно изучены палеотемпературы последних 200 млн. лет геологической истории — от юры до четвертичного времени.

Юрские палеотемпературы освещены в сводной работе Р. Боуэна. Суммирование всех приводимых в его работе данных позволило составить распределение палеотемператур, приведенное на рис. 33.

Осредняяющая кривая и группы определений со всей очевидностью показывают, что температурный режим в юрский период не оставался стабильным, а был подвержен среднечастотным изменениям с периодом в первые десятки миллионов лет. Сравнительно высокие температуры в ранней юре удерживались до середины средней юры, после чего произошло похолодание, охватившее конец средней и начало поздней юры, сменившееся новым потеплением в поздней юре. Приведенная на рис. 33 кривая отображает общую тенденцию изменения температур в юре, но, очевидно, она осложнена флуктуациями. Линии, характеризующие осредненные уровни температурного режима для трех указанных интервалов времени, статистически более достоверны.

Раннемеловые температуры исследованы относительно слабо. Более 200 определений по кальций-магниевым отношениям различных нижнемеловых стеногалинных организмов Западного Закавказья позволили Н. А. Ясанову (1973) оценить средние температуры следующим образом: валаджин — 27°C , готерив — баррем — 23°C , апт ранний — 22°C , апт поздний — 16°C , альб ранний — 15°C , альб поздний — 11°C . Тем самым общее похолодание в нижнем мелу с наиболее резкими фазами в середине апта и в середине альба устацавливается уверенно.

Для альба и более поздних веков мелового времени имеются довольно многочисленные качественные оценки палеотемператур, которые определялись различными советскими и зарубежными исследователями по разным материалам. Наибольшее число оценок палеотемператур выполнено по материалам Северной Америки, Евразии и Австралии. Со значительной долей вероятности можно принять, что общности палеотемпературных тенденций для различных районов отображает климатические условия всей поверхности нашей планеты.

Результаты палеотемпературных исследований (Г. А. Лоуэнстам, 1968; Р. Боуэн, 1969; Д. П. Найдин, 1972 и др.) показывают, что после некоторого похолодания в апте для послепаптского времени отмечаются средние величины палеотемператур в альбе и начале сеномана, которые, несколько понижаясь в конце сеномана, возвращаются к уровню несколько ниже альбского в сантоне и начале кампана. Данные об изменении палеотемператур в позднем мелу после кампана противоречивы. Большая часть определений свидетельствует о прогрессивном понижении температуры в маастрихте, которое последовательно продолжалось вплоть до кайнозоя. Отдельные данные характеризуют частное потепление в датский век.

По палеотемпературным определениям Г. А. Лоуэнстаму удалось построить графики распределения палеотемператур по широтам для мелового периода (рис. 34, а); сюда же нами нанесены данные Р. Боузона для юрских палеотемператур. Изменение наклонов этих линий показывает широкий диапазон изменения температур, т. е. климатическую контрастность в соответствующие периоды времени.

Отметим, что правая часть графиков характеризует температуру

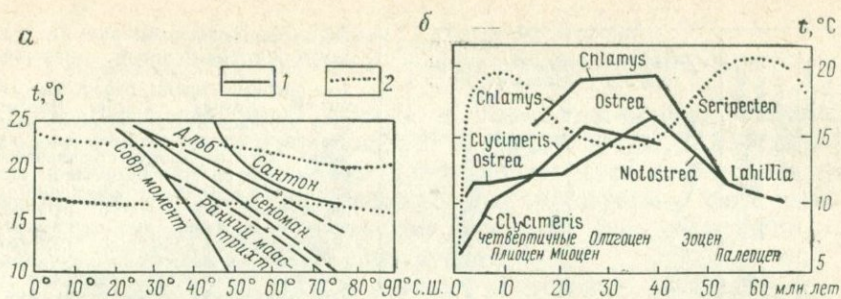


Рис. 34. Материалы палеотемпературных оценок климата

а — графики распределения палеотемператур по широтам: 1 — палеотемпературы четырех веков мелового периода и современная картина изменений температуры по Г. А. Лоуэнстаму (1968), 2 — палеотемпературы ранне- и среднеюрской эпох по Р. Боуэну (1968); б — распределение температур в мезозойских отложениях Австралии по определениям палеотемператур в раковинах различных видов морской фауны (из Р. Боуэна, 1969); точками показана кривая палеотемператур для тихоокеанских отложений по А. П. Лисицыну (1974)

океанических вод в приполярной области, рассматриваемую нами как главный климатический параметр.

Строгое сопоставление меловых и юрских палеотемператур, учитывающее влияние сезонных и широтных различий, не выполнено. Однако, как полагает Р. Боуэн, в районе 70° с. ш. температура в самый теплый сантонский век (мел) примерно равнялась температуре в самый холодный келловейский век (юра). Поэтому палеотемпературные данные являются наиболее убедительными свидетельствами общей тенденции к похолоданию, отмечавшейся от юрского периода к меловому.

Эта общая тенденция, по-видимому, продолжалась и в течение кайнозоя, так как температура высокоширотных океанических вод от позднемелового времени до четвертичного уменьшилась на 12—14° С. В связи с инерционностью главного климатического параметра такое похолодание системы Мирового океана, несомненно, должно происходить очень длительно, сглаживая резкость возможных внешних воздействий, особенно продолжительных. Однако отдельные работы по оценке палеотемператур в кайнозое свидетельствуют о том, что в эоцене — миоцене в интервале 50—20 млн. лет отмечается общее заметное потепление, приводящее к увеличению палеотемператур в средних широтах на 8—10° С (рис. 34, б).

Вместе с тем по данным А. П. Лисицына (1974) для северо-запада Тихоокеанской области отмечается совершенно иное поведение палеотемператур в кайнозое. На рис. 34, б видно, что кривая для тихоокеанской зоны характеризуется повышением температур на 5—7° С в палеоцене и плиоцене. Аналогичные результаты были получены для северной части Тихого океана и для Новой Зеландии зарубежными исследователями. Материалы рис. 34, по-видимому, свидетельствуют об известном повышении контрастности климатического режима в палеоцене и плиоцене и об относительном выравнивании его в середине кайнозоя, проявляющимися на фоне общей тенденции глобального понижения температуры.

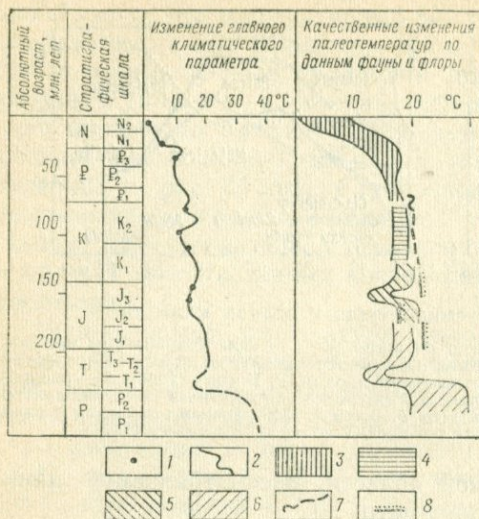


Рис. 35. Палеотемпературная характеристика мезозоя — кайнозоя

1 — опорные оценки палеотемператур по Р. Боуэну, Д. П. Найдину, Г. А. Лоуэнстау; 2 — кривая наиболее вероятных значений главного климатического параметра по палеотемпературным и палеобиологическим индикаторам; 3 — графики изменения температурно-климатического режима в кайнозое по совокупности данных; 4 — количественная картина изменения температур в меловой период по макрофауне; 5 — график изменения температурно-климатического режима в средней юре — неокоме по морской фауне; 6 — изменение температур в поздней перми и раннем мезозое по макрофауне (количественная характеристика); 7 — средние палеотемпературы мела; 8 — средние палеотемпературы юры

Рассмотрим в заключение данные о величинах главного климатического параметра и попытаемся согласовать палеобиологические и палеотемпературные оценки климата в мезозое и кайнозое. По оценкам палеотемператур величины придонных глубоководных температур изменялись следующим образом: келловей — 15°C , альб — 15°C , сеноман — 10°C , сантон — 16°C , маастрихт — 14°C , олигоцен — 10°C , миоцен — 7°C , поздний плиоцен — $1,5\text{--}2^{\circ}\text{C}$. Эти данные нанесены на рис. 35, а. На рис. 35 схематически изображены также описанные выше материалы палеобиологических и палеотемпературных исследований, которые используются для оценки тенденций изменения температурно-климатического режима мезозоя и кайнозоя. Легко видеть, что данные палеотемпературных и палеобиологических индикаторов в целом весьма хорошо коррелируются друг с другом. Единственным исключением является оценка изменения температур в конце средней юры. По поведению морской фауны намечается потепление, а по палеотемпературным определениям — похолодание. Во всех остальных случаях палеобиологические и палеотемпературные индикаторы хорошо согласуются между собой при характеристике тенденции изменения климатов мезозоя — кайнозоя. Палеотемпературные данные для мелового периода дают несколько более дифференцированную картину, так как биологические индикаторы характеризуются довольно низкой чувствительностью и некоторой способностью к адаптации. На рис. 35 построен график наиболее вероятных значений главного климатического параметра в мезозое и кайнозое. Он характеризует общую тенденцию медленного снижения температур придонного слоя Мирового океана от $22\text{--}23^{\circ}\text{C}$ в триасе и нижней юре к 15°C в конце мела до уровня 10°C в конце палеогена. При этом небольшие колебания главного температурного параметра происходили неоднократно и имели сравнительно небольшую продолжительность.

§ 7. ОБ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА В ФАНОРОЗОЕ

Рассмотренные выше данные позволяют построить схематическую кривую главного климатического параметра (P_k) в фанерозое, которой наиболее полно полуколичественно может быть охарактеризовано изменение температуры придонного слоя океана в течение фанерозоя. Отправными пунктами при построении этой кривой (рис. 36) явились следующие:

1) величина P_k в период великих оледенений, масштаб которых соизмерим с четвертичным, приближается к 0°C ; такими оледенениями были гондванское, ордовик-силурийское и лапландское;

2) засоления интенсивностью 2—5 баллов не оказывали заметного влияния на изменения P_k ; этот параметр также существенно не изменялся в эпохи фосфоритовыделения;

3) вся история изменения P_k в мезозое является свидетельством медленного понижения его величины от великого засоления в перми к великому антропогенному оледенению; при этом наиболее значительное понижение P_k происходит непосредственно перед эпохой великого оледенения;

4) достоверная информация о величине P_k в эпохи великих засолений отсутствует, хотя очевидно, что P_k превышал 20°C . На нынешней стадии исследований можно высказать в значительной мере прогнозо-гипотетическое утверждение, что в периоды великих засолений P_k составлял не менее 25°C и не более 35°C . Об аридизации климатов в эпохи великих засолений свидетельствуют литологические и палеофлористические индикаторы;

5) изменения P_k в палеозое носят характер низкочастотных колебаний от величин, близких к 0°C в периоды великих оледенений, до максимальных значений в периоды великих засолений;

6) колебания P_k в пределах нормальных периодов не превышают $\pm 5^\circ \text{C}$; выявление таких колебаний в истории палеозойских климатов, по-видимому, невозможно.

Нами сделана также попытка построить график изменения контрастности климатов на поверхности планеты (рис. 36). Максимумы контрастности, несомненно, приурочены к эпохам великих оледенений. Приуроченность ряда поясов соленосных бассейнов к меридиональным полосам показывает, что широтная зональность в эпохи великих засолений не была выразительной. Значительное соле накопление в мелу, юре и триасе наблюдалось в эпохи относительной нивелировки климатической зональности. В целом контрастность климатов в палеозое была несколько выше, чем в мезозое — кайнозое.

Указанное изменение контрастности земных климатов, по-видимому, не может быть объяснено иначе, чем путем изменения угла наклона оси вращения Земли. Масштабы и природа этого явления неясны, однако наличие значительных изменений климатической контрастности на поверхности Земли следует рассматривать как непреложный научный факт, природу и причины которого необ-

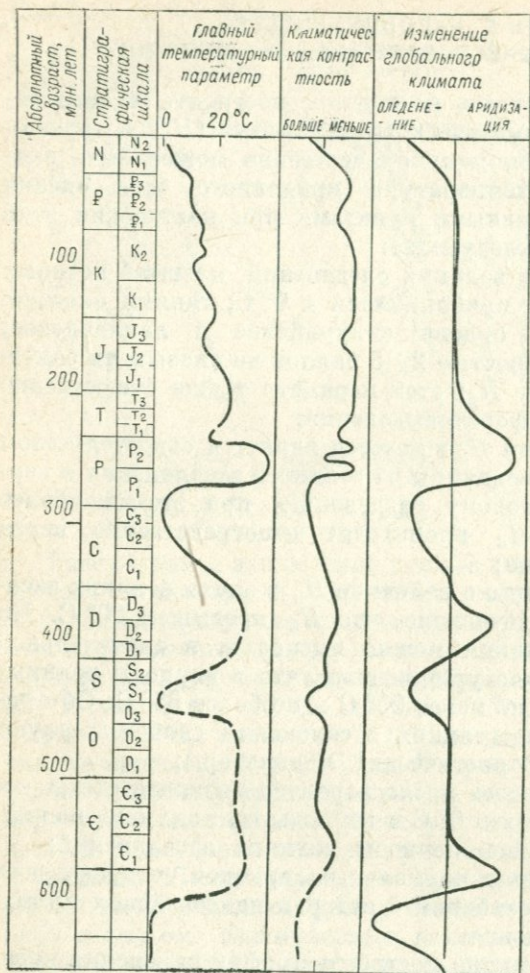


Рис. 36. Обобщенные схематические характеристики изменения климатического режима в фанерозое

ходимо расшифровать в ходе дальнейших исследований.

График изменения климата Земли (рис. 36) является наиболее схематичным качественным отображением развития макроклимата планеты, по возможности освобожденным от деталей и осложнений, обусловленных высокочастотными явлениями. Периоды великих оледенений обозначаются минимумами, а периоды великих засоленений — максимумами, причем амплитуда экстремумов прямо пропорциональна сделанным выше оценкам климатических аномалий в баллах. Периоды развития, когда не отмечаются высокочастотные климатические аномалии, на графике изменения климата рассматриваются как нормальные. Их климатические характеристики в

первом приближении отображаются на левой и средней частях рис. 36.

Таким образом, график изменения климата Земли целенаправленно отображает лишь самые главные генерализованные и выразительные события в фанерозойской климатической истории планеты, наиболее достоверно установленные. В этом смысле рассматриваемый график по существу лишен малодостоверных, дискуссионных или гипотетических элементов. Поэтому он может и должен быть использован для анализа закономерностей цикличности глобальных климатических явлений.

Первый закон глобального палеогеологического климатообразования в фанерозое включает безусловное несовпадение во времени периодов великих оледенений и великих засоленений. Великие оледенения во времени всегда предшествуют великим засолениям

и, по-видимому, вместе они образуют парагенетически связанный комплекс явлений, характеризующий определенный аномалистический климатический период. Могут быть достоверно намечены три таких периода: поздневендско-раннекембрийский, среднепалеозойский и позднепалеозойский — раннемезозойский. Длительность глобальных климатических катаклизмов не может быть оценена точно, но, очевидно, она заключена в интервале 75—125 млн. лет.

Климатические катаклизмы разделены интервалами относительно глобальной климатической стабильности, когда процессы солеобразования и оледенения контролируются менее значительными общепланетарными, а также локальными или региональными тектоническими, орографическими и климатическими факторами. Эти периоды рассматриваются как нормальные, когда процессы льдообразования и соленакопления имеют ограниченное распространение. В качестве таких периодов могут быть намечены средний кембрий — средний ордовик, поздний девон, поздний триас — палеоген.

Совокупность аномалистического и стабильного периодов образует климатический цикл. В течение позднего венда — палеозоя (625—230 млн. лет) могут быть намечены $2\frac{1}{2}$ таких климатических цикла средней длительностью в 160 млн. лет.

Вторым важнейшим законом изменения глобальных климатов в фанерозое является отчетливое различие климатического режима палеозоя и мезозоя. Климатический режим палеозоя отличается большей контрастностью. В мезозое климаты изменяются менее контрастно, оледенения практически не фиксируются, а засоления отмечаются более широко во времени и прострaнстве, однако масштабы их проявлений в юрском и меловом периодах далеко не достигают уровня пермского или кембрийского засоления. Раннетриасовый эвапоритовый экстремум мы рассматриваем как завершающую фазу пермского великого засоления.

Вероятно, в качестве *третьего закона глобального палеогеологического климатообразования* следует отметить тесную связь интенсивности климатических катаклизмов и длительность последующих периодов нормального климата. Самая высокая интенсивность позднепалеозойско-раннемезозойского климатического катаклизма сопровождается самым протяженным юрско-палеогеновым периодом нормального климата. Вслед за вторым по интенсивности поздневендско-раннекембрийским климатическим катаклизмом следует раннепалеозойский период нормального климата, относительно слабый среднепалеозойский климатический катаклизм сопровождается непротяженным интервалом нормального климата.

Обращает на себя внимание тот факт, что общий размах климатических колебаний Земли достигает экстремума на границе палеозоя и мезозоя.

Имеющиеся данные по климатическим изменениям показывают, что вначале эти изменения заключаются в постепенных и относительно длительных нарастаниях похолодания, темпы которого усиливаются по мере приближения к экстремуму оледенения, затем

происходит очень быстрое изменение знака аномалии и ее спад. Если рассматривать график изменения климата Земли (рис. 36) как график первой производной некоторой функции, то можно попытаться восстановить эту функцию. График этой функции будет характеризоваться трехколокольной формой с экстремумами в 270, 405 и 585 млн. лет. Эта функция есть не что иное, как функция скорости глобальных климатических изменений.

Контрастность климатов возрастает в эпохи великих оледенений и выравнивается в периоды засоленений. Это означает, что изменение поступления на Землю солнечного тепла коррелируется с изменением угла наклона оси вращения. Уменьшение мощности потока солнечной энергии, достигающей поверхности Земли, совпадает по времени с положением оси вращения планеты, перпендикулярным к плоскости эклиптики. Природа этой корреляции явлений остается неясной, однако, очевидно, что не ухудшение проницаемости пространства между Солнцем и Землей является причиной великих оледенений.

Анализ рассмотренных выше материалов можно кратко резюмировать следующими выводами.

1. Установлено несовпадение во времени эпох великих оледенений и великих засоленений, наиболее четко фиксирующих глобальное похолодание и глобальное потепление в истории Земли.

2. Отмечается закономерная смена великих оледенений великими засолениями, совместно образующими климатический катаклизм продолжительностью от 75 до 125 млн. лет.

3. Климатические катаклизмы и интервалы относительной климатической стабильности образуют климатические циклы средней длительностью в 160 млн. лет.

4. Климатические режимы палеозоя и мезозоя разнотипны. Первый характеризуется прерывисто гармонической цикличностью с периодом порядка 150 млн. лет. Климатический режим мезозоя не обнаруживает достоверной цикличности.

ЦИКЛИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ФАНЕРОЗОЕ И НЕКОТОРЫЕ ДРУГИЕ ВОПРОСЫ ПАЛЕОГЕОФИЗИКИ

Исследование цикличности глобальных геологических процессов отображает особенности тех проявлений механизма развития планеты, которые оставляют следы в строении верхней части земной коры, доступной геологическим наблюдениям. Не приходится сомневаться в том, что указанные геологические процессы протекают в тесном взаимодействии с изменениями физических полей Земли. Поэтому информация о закономерностях изменения этих полей, о явлениях цикличности таких изменений чрезвычайно важна, в первую очередь для выяснения самой природы цикличности, для познания причин и правил корреляции циклов различных геологических и геофизических явлений.

Из геофизических явлений наибольшей изученностью характеризуются сейсмичность, радиоактивность, магнетизм, гравитация, электрические токи, геотермия. Современная сейсмичность обнаруживает замечательную коррелируемость с современным вулканизмом, однако методика расшифровки отображения в геологической летописи землетрясений геологического прошлого практически не разработана.

Земные электрические токи несмотря на относительную длительность их исследования относятся к слабоизученным природным явлениям. Картина их общепланетарного распределения в настоящее время еще не выяснена, их изменчивость в геологическом прошлом неизвестна. Следовательно, на нынешнем этапе развития наук о Земле палеосейсмичность и палеогеоэлектрика остаются «вещью в себе» и не могут быть использованы для расшифровки цикличности развития планеты.

Характер протекания других геофизических процессов в геологическом прошлом в той или иной мере стал предметом рассмотрения наук о Земле и нередко используется для объяснения различных геологических явлений. Поэтому проблемы палеогравитации, палеогеотермии, палеорадиоактивности все чаще вовлекаются в сферу различных геонимических теорий и гипотез. Особенно широкое применение в комплексе геолого-геофизической информации о развитии планеты приобрели сведения о палеомагнетизме.

§ 1. НЕКОТОРЫЕ ГЕОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ИХ ПРИРОДЕ И ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Магнитное поле первым из физических полей Земли привлекло внимание человечества. Современная наука изучает не только настоящее магнитного поля, но и его геологическое прошлое.

Почти 500 лет назад В. Гильберт выдвинул идею о том, что Земля является большим магнитом, обладающим двумя полюсами. Подавляющее большинство ученых согласно с тем, что на протяжении всего фанерозоя эта особенность магнитного поля Земли сохранялась.

Наблюдаемое в настоящее время несовпадение положений магнитного и географического полюсов связано с процессом довольно быстрого перемещения (типа флуктуаций) магнитного полюса вокруг географического. Обобщение всех имеющихся вполне достоверных данных определения положения магнитного полюса за последние 7000 лет, предпринятое

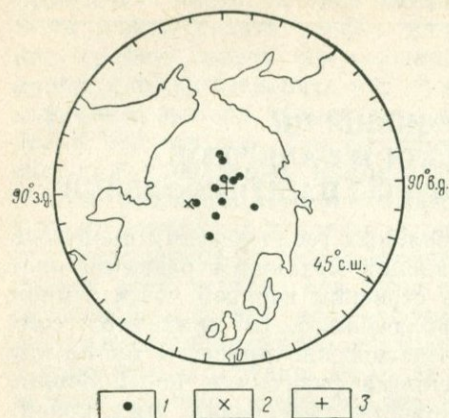


Рис. 37. Положения археомагнитных полюсов за последние 7000 лет в сопоставлении с положением географического полюса (по Е. Ирвингу, 1964)

1 — археомагнитные полюса; 2 — современный геомагнитный полюс; 3 — современный географический полюс

А. Коксом, Р. Доэллом, Е. Ирвингом и другими исследователями, показало, что положения магнитных полюсов недавнего прошлого колеблются вокруг положения географического полюса (который вследствие высокой инерционности вращающейся Земли, безусловно, следует принимать за неподвижный для относительно небольших интервалов времени) и современное положение геомагнитного полюса находится в фазе максимума этой вариации (рис. 37).

Поэтому при обобщении данных за $n \times 10^4$ лет и более протяженные интервалы времени с высокой степенью точности положения магнитного и географического полюсов можно принимать совпадающими. Вместе с тем датировки единичных событий геологического прошлого, отличающиеся сотнями и тысячами лет, естественно, будут давать разброс положений геомагнитного полюса на $\pm 10 \div \pm 15^\circ$.

Магнитное поле в каждой точке поверхности планеты описывается напряженностью (модулем полного вектора, T) и углами склонения и наклонения. Для характеристики магнитного поля планеты в целом используют иные параметры: магнитный момент M и географические координаты магнитных полюсов.

Изучение магнитных явлений показало, что земное магнитное поле характеризуется колебаниями величины M во времени и неоднократно изменяло свою полярность, испытывало инверсию. Тонкие экспериментальные исследования особенностей режима геомагнитного поля (Г. Н. Петрова, В. В. Буха и др.) позволили установить, что в эпохи инверсий магнитный момент M быстро уменьшается в несколько раз, кратковременно остается близким к нулю и в этот момент происходит обращение, смена полюсов магнитного поля.

Такие инверсии магнитного поля установлены в течение фанерозоя, многие исследователи полагают, что инверсии имели место и в докембрии. Положение магнитных полюсов, соответствующее современному, называется нормальным, а положение полюсов, формирующееся в результате инверсии нормального поля, называется обратным.

Представление о магнитных инверсиях прочно вошло в арсенал основополагающих фактов наук о Земле, и в настоящее время почти никем не оспаривается. Однако природа магнитного поля, причины и механизм инверсий продолжают оставаться предметом дискуссий. Длительное время единственным источником магнетизма считали ферромагнетики, что не позволяло объяснить многие особенности геомагнитного поля, в частности его изменчивость. Важнейшее значение для объяснения природы магнетизма имело открытие явления генерации магнитного поля при перемещении электропроводной жидкости. Как показывают данные сейсмологии, внешняя часть земного ядра обладает характеристиками жидкости, через нее не проходят поперечные сейсмические волны. Данные геохимии и гравитации свидетельствуют о том, что ядро состоит из плотных пород с высокой концентрацией железа, никеля и других металлов. Электрическое сопротивление жидкого ядра относительно невелико и по различным оценкам на 3—7 порядков меньше сопротивления мантии, поэтому жидкое ядро может рассматриваться как электропроводная жидкость. Указанные выводы о строении ядра позволили дать новое объяснение природы геомагнетизма.

Большинство советских и зарубежных ученых считают, что главный вектор магнитного поля планеты обусловлен интенсивными токами в жидком ядре Земли, так называемым гидромагнитным динамо. Механизм гидромагнитного динамо недавно подробно рассмотрен одним из авторов этой идеи С. И. Брагинским (1973). Схема гидромагнитного динамо предусматривает упорядоченное перемещение электропроводящих масс жидкого ядра, в которых генерируется интенсивное магнитное поле. Движение в ядре Земли в большой мере определяется вращением планеты вокруг своей оси. Возникающие при этом радиальные потоки отклоняются кориолисовыми силами в азимутальном направлении: к западу и к востоку. Поэтому механизм гидромагнитного динамо предусматривает близость положения магнитного и географического полюсов Земли.

Однако трение на неровностях границ мантия — ядро и внутреннее ядро — внешнее ядро, а также тепловые неоднородности, архимедовы и, возможно, неизвестные пока силы обуславливают определенную неоднородность движения масс в жидком ядре. С. И. Брагинский допускает, что внешние части жидких масс ядра движутся преимущественно на запад, а внутренние — на восток.

Магнитное поле является весьма подвижным, трепетным механизмом, ничтожные колебания которого доступны высокоточным измерениям. Многие скоротечные изменения поля обусловлены внешними по отношению к Земле причинами и фиксируются в виде суточных и месячных лунно-солнечных вариаций. Высокочастотные

эндогенные изменения — с периодом до нескольких лет — неоднородностей внутреннего магнитного поля не фиксируются на поверхности из-за некоторой электропроводности мантии. Однако измерения среднегодовых значений магнитного поля Земли показывают, что они изменяются на разные величины в разных точках земной поверхности. Фиксируются положительные и отрицательные аномалии изменений среднегодовых величин напряженности магнитного поля, так называемые вековые вариации. Многолетние наблюдения показывают, что максимумы и минимумы этих вариаций не стоят на месте, а перемещаются в пространстве, дрейфуют на запад. Среднее перемещение их составляет $0,2^\circ$, или до 20 км, в год в низких широтах. Дрейф вековых вариаций является важным подтверждением жидкого и весьма подвижного состояния вещества в области генерации геомагнитного поля.

Интенсивность магнитного поля в ядре достигает нескольких сотен Гауссов, в то время как на поверхности Земли интенсивность поля составляет около 0,5 Гс. Исследования магнитного момента на поверхности Земли показали, что в периоды нормального развития квазигармонически он изменяется по величине примерно в 2 раза с периодом около 4—8 тыс. лет. Такая цикличность магнитного поля с периодом в $n \cdot 10^3$ лет пока еще не находит отображения в геологической летописи.

Явления инверсий магнитного поля и явления перемещений магнитных полюсов стали предметом пристального внимания наук о Земле, хотя вопросы о наличии цикличности этих изменений как правило не рассматриваются.

Причина инверсий до конца не выяснена. Обычно считают, что для инверсии необходимо, чтобы направление токов в жидком ядре или его внешней части изменилось на обратное. Осуществление этого энергоемкого процесса, несомненно, всякий раз знаменовало собой некоторое важное событие в жизни планеты, сущность и роль которого нам остаются еще не ясными. Поэтому выяснение закономерностей развития этого процесса, выявление его цикличности, ее связи с цикличностью иных глобальных явлений имеет важное научное значение. Возможно, что инверсии обязаны своим происхождением «разрядке конденсатора», пластинами которого являются внешние радиационные пояса Земли и внешнее ядро с протекающими по нему токами. В этом случае инверсии происходят в результате взаимодействия внеземных и внутрипланетарных процессов.

Следует подчеркнуть одну принципиальную особенность инверсий магнитного поля.

Если при выяснении глобальной цикличности осадконакопления, тектонической активности и других процессов необходимо было выяснить сумму их проявлений на всех материках и фиксации, например, фазы той или иной складчатости в одном районе вовсе не могла служить основанием для выяснения ее глобальности, то инверсии магнитного поля носят не специфический региональный или континентальный, а, безусловно, общеземной характер. Это

Рис. 38. Характер протекания инверсий магнитного поля в плиоцене (по Г. З. Гурарию, 1972)

их свойство, которое вначале постулировалось, ныне проверено экспериментально.

Главной альтернативой реальности инверсий долгое время оставалось представление о возможности самообращения магнитного поля, несколько механизмов которого были обоснованы А. Неелем. Однако массовые исследования показали, что эти эффекты самообращения имеют частный характер и не могут объяснить всей гаммы информации об инверсиях. В частности, инверсии были установлены при изучении намагниченности пород в монотонных песчано-глинистых слабомагнитных толщах, где породы из смежных зон разнополярного поля, чередуясь в разрезе друг с другом, не обнаруживали каких-либо специфических, литологических, минералогических или химических различий.

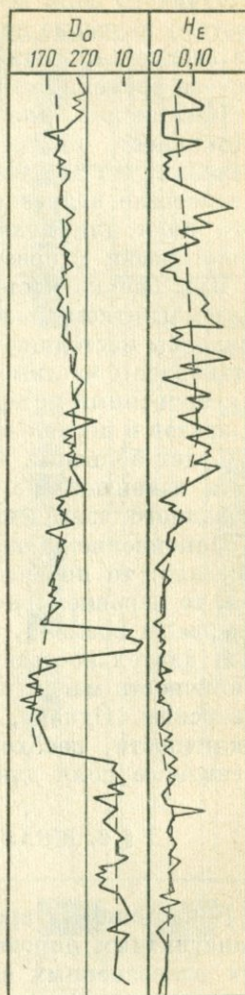
Доказательства реальности инверсий подтверждаются наличием возрастной корреляции различных типов пород из разных континентов и океанов, возраст которых оценивается самыми точными из известных радиометрическими и биостратиграфическими методами.

Важное значение имеет оценка скорости протекания инверсий магнитного поля и степени их однотипности.

Наиболее полное рассмотрение известных данных о характере протекания инверсий магнитного поля предпринято Г. Н. Петровой, В. В. Бухой и др. (1973).

Оно показало, что в периоды инверсий магнитное поле имеет так называемый переходный режим, отличающийся понижением осредненной интенсивности до 10–30% от максимального значения и усилением вариаций. Такие особенности переходных режимов установлены для всего фанерозоя. Во время переходных режимов очень часто наблюдаются кратковременные возвраты к прежней полярности (рис. 38).

Различные авторы расходятся в оценках длительности переходных режимов и времени протекания инверсий. По разным оценкам длительность инверсий изменяется от $n \cdot 10^3$ до $n \cdot 10^5$ лет и даже до 1 млн. лет. Поэтому можно допустить, что в течение фанерозоя инверсии протекали неодинаково, но неизменно их продолжительность не превышала 1 млн. лет. Естественно, что длительность режима



устойчивого поля необходимо принимать не меньше этой величины. Поэтому изучение цикличности инверсий магнитного поля в фанерозое следует проводить по более значительным интервалам геологического времени, как минимум 10 млн. лет.

Несомненно, для донеогенового времени возможная различная длительность инверсий магнитного поля не имеет существенного значения, так как точность датировок любых геологических событий в палеогене и древнее менее 1 млн. лет. Поэтому инверсии магнитного поля для донеогеновой истории следует считать явлениями геологически мгновенными.

При оценке частоты инверсий следует иметь в виду, что при палеомагнитном анализе разрезов, несомненно, могут быть не только выявлены настоящие инверсии, но и с некоторой долей вероятности установлены частные возвраты. В связи с этим число инверсий за фиксированный интервал времени может быть оценено с учетом этих возвратов и несколько завышенным. Такое увеличение, однако, едва ли будет большим, чем двукратное. Поэтому при оценке цикличности изменений магнитного поля следует учитывать возможность указанного завышения.

Накопление данных об инверсиях геомагнитного поля фанерозоя показало: то инверсии происходят учащенно — группами или роями, то неравномерно — чередуясь друг с другом через длительные интервалы времени, то наблюдаются эпохи устойчивой полярности поля длительностью в десятки миллионов лет. Поэтому изучение цикличности магнитного поля не может быть оценено по единичным инверсиям. Однако, прежде чем перейти к исследованиям такой цикличности, необходимо составить обобщенную шкалу инверсий магнитного поля для фанерозоя.

§ 2. ШКАЛА ИНВЕРСИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ФАНЕРОЗОЕ

К настоящему времени накоплена обильная информация по палеомагнитным определениям, предпринимались построения отдельных разрозненных сводных шкал инверсий магнитного поля для различных интервалов фанерозоя, однако единая шкала инверсий магнитного поля для фанерозоя еще не построена. Наиболее значительные обобщения были выполнены по материалам палеомагнитных исследований на территории СССР для палеозоя А. Н. Храмовым и др. (1965) и для мезозоя Д. П. Печерским (1970) и другими исследователями, по зарубежным материалам с частичным использованием данных по СССР — М. Маккелини и П. Буреком (1971) для мезозоя, Д. Валенсио и Г. Митчелом (1972) для карбона — триаса Гондванских материков, Скандинавии и частично СССР, А. Коксом (1970) для кайнозоя. Новое обобщение материалов по СССР, включающее данные по инверсиям в кембрии — ордовике, карбоне — мезозое, проведено А. Н. Храмовым и опубликовано в 1971 г. в материалах докладов XV сессии Генеральной Ассамблеи Международного Геофизического конгресса. Детальная разработка шкалы инверсий для

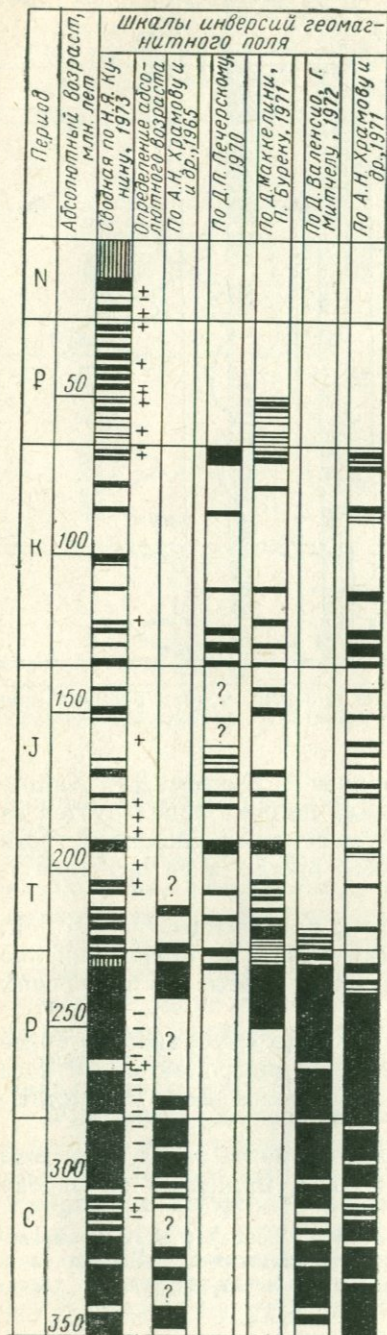


Рис. 39. Обобщенная шкала инверсий магнитного поля для фанерозоя в сопоставлении с основными использованными сводками

Полярность магнитного поля: 1 — прямая, 2 — обратная, 3 — знакопеременная; 4 — полярность магнитного поля в точках определения абсолютного возраста

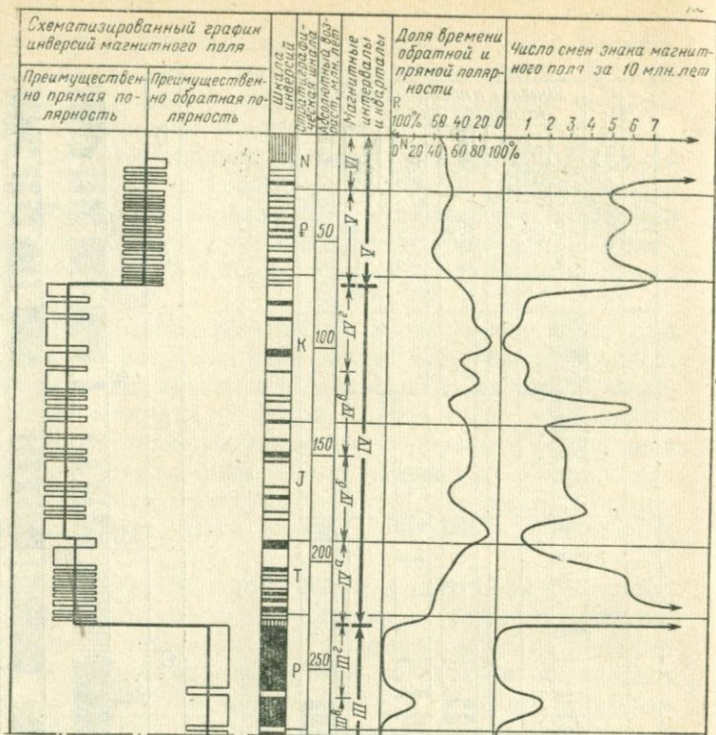


Рис. 40. График частоты инверсий и доли времени прямой

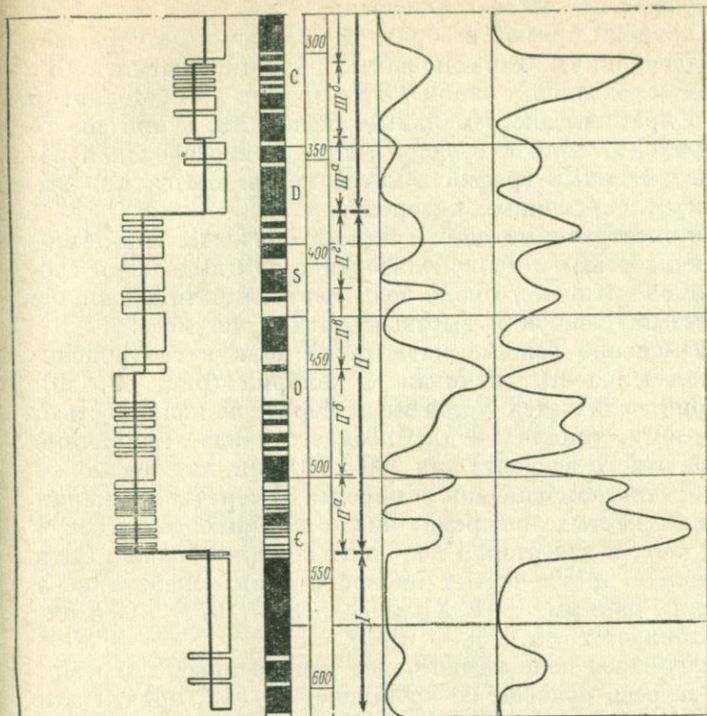
последних 50—70 млн. лет была предпринята А. Коксом, Дж. Хайртцлером, Кс. Ле Пишоном и др. Эта шкала широко используется за рубежом для датировки океанических магнитных аномалий, хотя степень обоснованности построений такой шкалы и ее интерпретации крайне дискуSSIONна.

Упомянутые выше сводные материалы, приведенные на рис. 39, показывают, что для большей части фанерозоя накоплены вполне представительные и хорошо согласующиеся данные об инверсиях магнитного поля.

Помимо названных только в последние годы опубликовано более 200 работ, в которых приведены данные об инверсиях магнитного поля в отдельные эпохи фанерозоя или обосновываются возрастные датировки отдельных инверсий.

Синтез этих материалов позволил нам построить шкалу инверсий магнитного поля для фанерозоя¹ (рис. 39), принимая за основу

¹ Материалы опубликованных в конце 1974 г. монографии «Палеомагнетизм палеозоя» под редакцией А. Н. Храмова и сборника статей «История магнитного поля Земли в палеозое» не вносят принципиальных изменений в составленную нами в 1973 г. шкалу инверсий и в сделанные на основании ее анализа выводы, приведенные ниже.



и обратной полярности (составил Н. Я. Кунин, 1973)

данные, обеспеченные при прочих равных условиях определениями абсолютного возраста или надежной биостратиграфической привязкой. Эта шкала, несомненно, потребует дальнейшего уточнения, однако она, по-видимому, вполне достоверно отображает общие особенности режима геомагнитного поля в фанерозое.

Анализируя построенную шкалу инверсий, можно попытаться количественно охарактеризовать изменение режима магнитного поля, используя такие ее характеристики, как число инверсий в течение 10 млн. лет (частота инверсий) и доля времени (в %) прямой и обратной полярности. Графики этих параметров, рассчитанные нами, приведены на рис. 40.

Указанные два графика на рис. 40, по нашему мнению, наиболее полно и представительно и сравнительно объективно описывают особенности режима магнитного поля. График частоты инверсий отображает дифференцированность режима изменений магнитного поля: в отрезки устойчивого поля частота инверсий близка нулю, а в отрезки знакопеременного поля частота инверсий резко возрастает. С учетом точности датировок значения частоты инверсий более 5—7 в течение 10 млн. лет могут рассматриваться как верхний предел. Очевидно, что небольшие изменения шкалы инверсий, особенно

в интервалах с большой частотой инверсий, не приведут к заметным изменениям вида графика частоты инверсий.

График доли времени прямой и обратной полярности отображает осредненную интегральную характеристику режима магнитного поля с небольшим «скользящим окном». Этот график при устойчивом поле стремится к крайним экстремальным значениям, а при знакопеременном — проходит вблизи средней линии равновероятной полярности. Рассматриваемый график заметно не изменится при выделении новых кратковременных инверсий.

Следовательно, построенные нами графики обладают определенной «помехоустойчивостью» и их использование для выделения специфических режимов магнитного поля позволяет исключить влияние некоторых случайных ошибок и высокочастотных «шумов».

Рассмотрим изменение режима магнитного поля в геохронологической последовательности, начиная с кембрия (рис. 39, 40).

Ранний кембрий отличается устойчивой обратной полярностью, которая, по-видимому, типична и для позднего венда. Единичные определения абсолютного возраста для 590—610 млн. лет неизменно характеризуют обратно намагниченные породы. В середине кембрия фиксируется режим частых инверсий, число которых достигает 9 в течение 10 млн. лет, и вся вторая половина кембрия должна быть охарактеризована как время частых инверсий и знакопеременного поля. По последним данным А. Н. Храмова и др. (1974) число инверсий в ϵ_2 составляет 25, а в ϵ_3 — 10.

В ордовике магнитное поле имело более успокоенный характер. Число инверсий за весь ордовик не превышает 10—12, причем для начала и конца этого периода характерна обратная полярность поля, а большая часть периода (включая вторую половину раннего ордовика, весь средний ордовик и начало позднего) отличается преобладанием нормального направления магнитного поля. Эта специфическая особенность магнитного поля ордовика, уникальная для всего палеозоя, выразительно отображена на графике доли магнитного поля прямой и обратной полярности, в то время как по графику частоты инверсий ордовик существенно не отличается от большей части палеозоя.

Палеомагнитные данные по силуре и девону охарактеризованы преимущественно по работам советских исследователей 60-х годов, а также по более поздним данным по Великобритании. Несмотря на сравнительно невысокую изученность, очевидно, что число инверсий в силуре и раннем девоне составляет всего 1—4 за 10 млн. лет и близко к фоновому для палеозоя. Отчетлива тенденция к преобладанию поля обратной полярности.

В конце раннего девона начинается время доминирующего поля обратной полярности, которое отмечается вплоть до конца девона. Единичные инверсии на рубеже девона и карбона не меняют общей картины.

Каменноугольный период относится к числу хорошо изученных в палеомагнитном отношении и также характеризуется заметным преобладанием обратной полярности магнитного поля. Однако в ран-

нем и среднем карбоне инверсии поля происходили неоднократно, их число особенно возрастает в намуре и в первой половине среднего карбона. Эта тенденция отчетливо проявлена при синтезе данных А. Н. Храмова (1971), а также по сводке Д. Валенсио и Г. Митчела (1972), однако число инверсий по материалам последних авторов примерно вдвое меньше, чем у А. Н. Храмова. Вторая половина среднего и весь поздний карбон отличаются устойчивым полем обратной полярности.

Режим магнитного поля в перми является предметом интенсивного исследования. Достоверно установлены контрастные особенности пермского магнитного поля, которое на протяжении свыше 90% длительности перми было устойчиво обратнопольярным. Лишь в ранней перми К. Криром, Д. Валенсио и Г. Митчелом (1971) в результате целенаправленных исследований базальтов серии мендоса в Аргентине установлен единственный эпизод прямой полярности магнитного поля на отрезке 260—263 млн. лет, что не отмечено советскими исследователями. Зато татарский век перми всеми исследователями выделяется как время многочисленных инверсий, число которых оценивается неоднотипно. Б. А. Буров, а также другие исследователи, детально изучавшие инверсии магнитного поля на рубеже перми и триаса, считают наиболее вероятным в татарский век кратковременный режим частых инверсий, так называемое варьирующее поле. По-видимому, число инверсий в татарском веке превышало 10. По другим оценкам насчитывается 3—5 инверсий.

В триасовый период режим магнитного поля претерпел значительные изменения. В раннем и среднем триасе инверсии происходят сравнительно часто, частота инверсий по сравнению с палеозоем является аномальной (в раннем триасе по разным оценкам от 7 до 12 инверсий), однако суммы отрезков времени прямой и обратной полярности практически равновелики. В позднем триасе инверсии становятся редкими и преобладает магнитное поле прямой полярности.

В юрский и меловый периоды режим магнитного поля схож с позднетриасовым. Точное число инверсий и детали их датировок у различных авторов заметно колеблются, однако общие особенности режима магнитного поля Д. П. Печерским (1970), М. Маккелини и П. Буреком (1971), А. Н. Храмовым (1971), М. А. Пергаментом и др. (1971) и другими авторами оцениваются одинаково. Частота инверсий за 10 млн. лет по всем оценкам изменяется от нуля (не более 15—20% продолжительности юрского и мелового периодов) до 3—4, преобладание времени прямой полярности значительное в течение всей юры и мела.

В кайнозое режим магнитного поля отличается частым чередованием эпох прямой и обратной полярности, примерно равнозначных по продолжительности, частота инверсий значительно бóльшая, чем в нормальные периоды мезозоя — палеозоя, и постепенно возрастает. Число инверсий в последние 10 млн. лет заведомо превышает 10, поэтому неогеновый режим магнитного поля, возможно, следует рассматривать как знакопеременный.

Таким образом, общая картина инверсий в течение фанерозоя намечается вполне надежно, что позволяет провести анализ периодичности построенной шкалы инверсий и производных от нее графиков.

§ 3. АНАЛИЗ ПЕРИОДИЧНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЖИМА ИНВЕРСИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Наличие сводной шкалы инверсий магнитного поля дает возможность попытаться выявить периодичность изменчивости режима инверсий магнитного поля. Имеющиеся данные и точность их оценки позволяют осуществлять поиски только низко- и среднечастотной цикличности.

При проведении анализа средне- и низкочастотной цикличности необходимо условиться о наименовании специфических режимов магнитного поля различной длительности. А. Н. Храмов, Э. А. Молостовский и Ф. С. Файнберг (1973) произвели подробное рассмотрение вопросов номенклатуры единиц палеомагнитной шкалы. Для наиболее протяженного подразделения палеомагнитной шкалы этими авторами предлагается использовать термин геомагнитный интервал, который предполагается эквивалентным системам геохронологической шкалы. Термин магнитный интервал применяется М. Маккелини и П. Буреком (1971) для обозначения времени господства однородного магнитного поля длительностью 10^7 — 10^8 лет. Эти авторы присваивают магнитным интервалам собственные имена (Грэхема, Меркантона и т. п.). Е. Ирвинг (1971), рассматривая номенклатуру «магнитной стратиграфии», предлагает не использовать собственных имен для магнитных интервалов, а применять для их обозначения геохронологические единицы и данные абсолютного возраста. Длительность интервалов Е. Ирвинга составляет многие десятки миллионов лет.

Таким образом, легко видеть, что в качестве самой протяженной во времени единицы палеомагнитной шкалы большинство исследователей используют термин интервал, однако длительность его обычно оценивается в десятки миллионов лет. Нам представляется, что указанные ограничения длительности интервалов не являются оправданными, последние имеют протяженность в несколько систем, именно для обозначения таких единиц палеомагнитной шкалы мы используем термин палеомагнитный интервал или просто интервал. В остальном, обозначая эту единицу, удобно учитывать указания Е. Ирвинга. Эта единица номенклатуры отличается преобладанием того или иного режима полярности. Нами намечается расчленение интервалов на четыре примерно равновеликие части, для обозначения которых нами используется термин квартал. Для оценки разнопротяженных подразделений палеомагнитной шкалы в качестве термина свободного пользования применяется наименование отрезок.

Рассмотрение построенной сводной шкалы инверсий геомагнитного поля (рис. 40) показывает, что в течение последних 600 млн. лет

могут быть намечены пять интервалов специфического режима магнитного поля.

I — кембрийско-вендский интервал обратной полярности, охватывает 535—610 млн. лет и не ограничен снизу ввиду недостаточной палеомагнитной изученности более древних пород. Магнитное поле обратной полярности доминирует, составляя свыше 95% общей продолжительности рассматриваемого интервала. Инверсии поля единичны, что не может быть объяснено слабой палеомагнитной изученностью, так как исследованиям было подвергнуто несколько опорных разрезов кембрия и венда на востоке Азии, на Канадском щите, в Норвегии и других районах.

Судя по разрозненным данным палеомагнитных определений, преобладание обратной полярности магнитного поля было характерно для всего венда. В целом рассматриваемый интервал отличается однородностью и не может быть разделен достоверно на менее протяженные части; с некоторой условностью в качестве кварталов можно наметить отрезок 535—580 млн. лет с полностью устойчивой обратной полярностью и отрезок 580—610 млн. лет с редкими инверсиями.

II — девонско-кембрийский интервал знакопеременной полярности магнитного поля, охватывает 375—535 млн. лет. Из общей продолжительности 160 млн. лет примерно 75 млн. лет приходится на поле нормальной полярности, а 85 млн. лет — на поле обратной полярности. Безинверсионные периоды устойчивого поля как нормальной, так и обратной полярности имеют продолжительность до 10—15 млн. лет.

Этот интервал может быть расчленен на четыре квартала специфического поля. Первый квартал (*II^a*, 500—535 млн. лет) аномален по большой частоте инверсий, в течение второго квартала (*II^b*, 450—500 млн. лет) происходит постепенное обращение поля от общего обратного в начале квартала к полю прямой полярности, которая к концу квартала доминирует. Третий и четвертый кварталы (*II^b*, 410—450 млн. лет; *II^c*, 375—410 млн. лет) в целом похожи друг на друга, они отличаются усилившейся тенденцией к преобладанию поля обратной полярности. В каждом из кварталов намечается свой максимум частоты инверсий, к границе между кварталами приурочен кратковременный отрезок времени преобладания нормальной полярности.

III — пермско-девонский интервал устойчивого магнитного поля обратной полярности, охватывает 230—375 млн. лет. Из общей продолжительности 145 млн. лет поле обратной полярности фиксируется в течение 130 млн. лет. Отрезки времени поля нормальной полярности малочисленны и их протяженность не превышает 3 млн. лет. Длительность отрезков времени устойчивой обратной полярности достигает 30 млн. лет. Большая часть рассматриваемого интервала обеспечена радиометрическими датировками образований, по которым оценивалась полярность магнитного поля. Определения полярности выполнялись как на гондванских, так и на лавразийских материках, поэтому шкала инверсий магнитного поля пермско-

девонского интервала изучена весьма представительно. График частоты инверсий и график, характеризующий долю поля различной полярности для пермско-девонского интервала, обнаруживают четкое его подразделение на два полуинтервала и менее уверенное — на четыре квартала. Границы кварталов выражаются отрезками прямой полярности длительностью 2—3 млн. лет, подтвержденными определениями абсолютного возраста. Кварталы имеют примерно равную протяженность 35—40 млн. лет, в кварталах III^a, III^b, III^г обратная полярность поля наблюдается в 90% протяженности кварталов и более.

В квартале III^б отмечается заметное повышение частоты инверсий и постепенное увеличение доли поля прямого намагничения, достигающей к концу квартала примерно 50%.

IV — мезозойский интервал преимущественно положительной полярности магнитного поля, охватывает 70—230 млн. лет. Из общей продолжительности интервала в 160 млн. лет около 25% времени приходится на отрезки обратной полярности, длительность которых, однако, не превышает 3—4 млн. лет. Продолжительность периодов нормального магнитного поля достигает 10—15 млн. лет и более.

Переход от преимущественно обратной полярности в палеозое к преимущественно прямой мезозойской полярности занял практически весь первый квартал (IV^a, 190—230 млн. лет); в начале этого квартала установлен кратковременный отрезок знакопеременного поля. Отличия кварталов IV^b (150—190 млн. лет), IV^б (110—150 млн. лет) и IV^г (70—110 млн. лет) весьма незначительны. Кварталы IV^б и IV^г отличаются несколько большей долей магнитного поля прямой полярности. Однако границы кварталов при некоторой условности их выделения отмечаются специфическими осложнениями на графиках количественных характеристик режима магнитного поля.

Несмотря на недостаточную четкость выделения кварталов в мезозойском интервале, цикличность режима магнитного поля этого периода отмечается многими исследователями. Так, М. А. Пергамент, Д. М. Печерский и А. Н. Храмов (1971), рассматривая специально палеомагнитную шкалу мезозоя и выделяя 20 отрезков обратной полярности, подчеркивали, что свыше 80% мезозоя господствует прямая полярность магнитного поля и интервалы относительно частых инверсий и относительно спокойного состояния чередуются с периодом 40—60 млн. лет.

V — кайнозойский интервал знакопеременного магнитного поля, охватывает 0—70 млн. лет. На эпизоды нормальной и обратной полярности, длительность которых не превосходит 2—3 млн. лет, приходится примерно равная суммарная длительность. Уверенное однозначное расчленение этого интервала на кварталы, по-видимому, не может быть выполнено.

Частота инверсий в кайнозое весьма велика, и весь рассматриваемый интервал по этому параметру выглядит как аномальный. Многие отрезки прямой и обратной полярности подтверждены радиогеохронологическими датировками, поэтому достоверность пода-

вляющего большинства инверсий не вызывает сомнений. Резкое усиление частоты обращений магнитного поля в плиоцене является необычным для средней части интервала. Сходные явления в среднем кембрии и поздней перми отмечены на границе интервалов, после устойчивых кварталов обратной полярности.

Многие исследователи отмечают, что частота инверсий в неогене значительно бóльшая, чем в палеогене. Так, по данным Л. Н. Гамова и А. А. Пенькова (1970) в Таджикистане отмечается в среднем одна инверсия за 2 млн. лет в эоцене и более двух инверсий за 1 млн. лет в неогене. Хотя приведенные цифры весьма дискуссионны, учащение инверсий в неогене, по-видимому, установлено вполне достоверно. Поэтому граница кварталов V интервала совпадает ориентировочно с рубежом палеогена и неогена.

Не касаясь других аспектов приведенной на рис. 40 шкалы инверсий, отметим черты периодичности режима магнитного поля. Все три ограниченные во времени интервала специфических режимов магнитного поля (II, III, IV) имеют продолжительность 145—160 млн. лет. Каждый из интервалов может быть подразделен на четыре квартала, продолжительность которых варьирует от 30 до 50 млн. лет. Естественно, что V и I магнитные интервалы, не имеющие надежных соответственно верхней и нижней границы, подразделяются на меньшее число кварталов. Рассмотрение границ между кварталами показывает, что имеется тенденция к более резкой выраженности границ между кварталами «б» и «в», приуроченными к середине магнитного интервала, однако эти границы менее резко выражены, чем рубезж между магнитными интервалами.

В целом отмечаются три разновидности длительных режимов инверсий магнитного поля, сменяющие друг друга:

- а) режим преобладающей обратной полярности с отдельными отрезками прямой полярности;
- б) режим знакопеременного поля с примерно равными долями времени прямой и обратной полярности;
- в) режим преобладающей прямой полярности с отдельными отрезками обратной полярности.

Из рассмотренных пяти интервалов два интервала (I и III) принадлежат режиму преобладающей обратной полярности, два интервала (II и V) относятся к режиму знакопеременного поля и лишь IV интервал характеризуется полем прямой полярности. В палеомагнитной истории фанерозоя выделяются только переходы от интервала преобладающей обратной полярности к знакопеременному интервалу (А-переход), от интервала преобладающей прямой полярности к знакопеременному интервалу (Б-переход) и от знакопеременного интервала к интервалу обратной полярности (В-переход). Переходы видов А, Б, В следует именовать неполными. Известен лишь один полный переход от III интервала обратной полярности к IV интервалу прямой полярности. Этот полный переход является наиболее контрастным событием палеомагнитной истории фанерозоя. Вторым по выразительности событием является неполный переход А (между I и II интервалами).

В целом, рассматривая шкалу инверсий магнитного поля и графики, приведенные на рис. 40, нетрудно заметить, что мезозойский режим магнитного поля весьма специфичен и четко отличается от палеозойского и кайнозойского режимов преобладанием прямой полярности.

Отметим своеобразие кварталов. В палеозойских интервалах кварталы «б» отличаются заметно большей долей времени прямой полярности, а кварталы «г» неизменно характеризуются наиболее однородными магнитными полями обратной полярности в домезозойское время и прямой полярности в мезозое. Следовательно, переходы от одного интервала к другому происходят после длительного наиболее устойчивого режима магнитного поля. Отмеченные закономерности изменения режима магнитного поля, несомненно, отображают циклические процессы и, вероятно, имеют детерминированную обусловленность, природа которой пока не ясна.

Таким образом, режим инверсий магнитного поля обнаруживает четкую низкочастотную цикличность, циклы среднечастотные также могут быть намечены относительно достоверно.

В поисках причин закономерностей изменений режима магнитного поля обычно обращаются к тектогенезу.

Проблема коррелируемости и взаимных связей между инверсиями магнитного поля и режимом тектогенеза сложна и слабо изучена. С. Ранкорт полагает, что смена полярности не коррелируется с тектоническими и другими геологическими явлениями; сходной точки зрения придерживаются и многие советские авторы, выделяющие устойчивую полярность магнитного поля на протяжении 20—30 млн. лет и более.

А. Н. Храмов, напротив, указывает на связь между учащением инверсий магнитного поля и орогеническими фазами. А. Н. Третьяк (1972) также допускает наличие связи между частотой инверсий и режимом тектогенеза. По его представлениям, минимумы частоты инверсий совпадают с начальными стадиями орогенических циклов, а максимумы частоты инверсий — с заключительными стадиями. Э. А. Молоствовский (1970) поддерживает указанную точку зрения о тесной связи режимов инверсий магнитного поля и тектогенеза. Он считает, что режим магнитного поля в фанерозое меняется с довольно правильной периодичностью, причем начальным фазам каждого крупного тектонического цикла отвечает режим стационарного поля, а заключительным фазам тектонических циклов соответствуют частые инверсии и быстрая миграция палеомагнитных полюсов.

Сопоставляя тектонические эпохи с кварталами интервалов изменения магнитного поля, трудно установить между ними какую-либо определенную связь, так как длительность единичной тектонической активной или пассивной эпохи примерно вдвое меньше, чем квартал специфического режима магнитного поля. Поэтому в течение одного квартала однородного магнитного режима тектонический режим изменяется весьма значительно. Учитывая различную длительность — до нескольких десятков миллионов лет — многих устойчивых безинверсионных магнитных отрезков и геологическую мгновенность

инверсий, протекающих в течение $n \cdot 10^4 \div 1$ млн. лет, нельзя наметить какой-либо связи между этими событиями и тектоническими фазами и эпохами. Для выяснения причин изменения режима инверсий геомагнитного поля необходимо выяснить коррелируемость цикличности этого режима с иными геолого-геофизическими процессами; к рассмотрению этих вопросов мы обратимся в главе IX.

Подводя итоги анализу данных по цикличности режима инверсий магнитного поля, подчеркнем следующие выводы.

1. Режим магнитного поля характеризуется четкой низкочастотной цикличностью. Длительность интервалов однотипного магнитного поля в среднем 155 млн. лет, намечаются они достаточно уверенно, их внутреннее подразделение на кварталы менее надежно, однако среднечастотная цикличность со средним периодом в 39 млн. лет представляется весьма вероятной.

2. Отдельные инверсии не характеризуются цикличностью, их распределение, несомненно, отображает влияние какого-то аперiodического, скорее всего случайного процесса. Устанавливается тенденция учащения инверсий в начале интервалов положительной и знакопеременной полярности при полных переходах и неполных переходах типа А. Число инверсий за 10 млн. лет и их частота имеют некоторую тенденцию к увеличению по мере уменьшения абсолютного возраста.

3. Из числа палеомагнитных рубежей фанерозоя наиболее выразительна граница перми и триаса (230—225 млн. лет), когда произошел единственный в фанерозое полный переход интервала обратной полярности в интервал прямой полярности, резко возросло число инверсий. Границы остальных магнитных интервалов значительно менее контрастны.

4. Режим магнитного поля обнаруживает определенную корреляцию с геологическими зрамами, построенными на биостратиграфической основе: палеозою соответствует преобладание обратной полярности, мезозою — преобладание прямой, кайнозою — знакопеременное поле.

§ 4. ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ФАНЕРОЗОЕ

Помимо геомагнитного поля определенные изменения в фанерозое, по-видимому, претерпевали и другие геофизические поля. Отдельные исследователи (С. Ранкорн, Р. Лаутербах и др.) полагают, что наступила пора становления нового научного направления — палеогеофизики, задачей которой является выяснение изменчивости физических полей в геологической истории.

Выше мы указывали, что кроме палеомагнетизма весьма вероятно изменение в фанерозое и таких геофизических полей, как радиоактивности, теплового и гравитационного. Рассмотрим кратко имеющиеся данные об их изменчивости и возможной взаимосвязи с цикличностью глобальных геологических процессов.

Радиоактивность является непрерывно протекающим процессом. Поскольку в условиях Земли практически не происходит генерации основных радиоактивных изотопов, то земная радиоактивность, очевидно, является медленно убывающим во времени процессом. В течение фанероза общий поток радиоактивной энергии Земли был обусловлен в основном распадом долгоживущих изотопов, обладающих константами полураспада, варьирующими от $n \cdot 10^8$ до $n \cdot 10^{10}$ лет (^{40}K , ^{87}Sr , ^{232}T , ^{235}U , ^{238}U). Из числа этих изотопов самая «быстрая» константа полураспада у изотопа урана с атомной массой 235, которая составляет 713 млн. лет.

Указанное позволяет думать, что медленное уменьшение радиационной энергии Земли в фанерозе протекало весьма монотонно и не оказывало какого-либо заметного влияния на цикличность геологических процессов. Этот источник энергии, по-видимому, не мог обусловить цикличность тектогенеза; с другой стороны, роль радиоактивной энергии в тепловом балансе земной поверхности, гидросферы и атмосферы пренебрежимо мала, поэтому она не оказывала влияния на изменчивость палеоклимата.

Геотермическое поле стало объектом исследований сравнительно недавно и еще недостаточно изучено. Выяснившаяся огромная роль геотермии в энергетическом балансе планеты (более 90% расходов общеземной энергии) обусловила пристальное внимание в последние десятилетия к этому геофизическому полю. Со времени первых измерений теплового потока в 1939 г. к 1970 г. выполнено более 3000 определений.

Долгое время большинство геофизиков полагало, что основным источником земного тепла являются радиоизотопы, которые имеют тенденцию концентрироваться в кислых породах (Е. Буллард, 1952; Р. фон Герцен, У. Ли, 1972 и др.). Однако результаты массовых экспериментальных определений теплового потока в различных регионах позволили выявить несколько принципиальных фактов, не согласующихся с концепцией преобладающей роли радиоактивного тепла. Наиболее важными нам представляются три группы таких фактов.

1. Установлено, что осредненные значения тепловых потоков на континентах и в океанах являются равновеликими. Поскольку земная кора этих областей не одинакова, а земная кора океанов практически не содержит кислых пород, то это означает, что энергетика геологических процессов в основном не зависит от земной коры в целом и, в частности, от ее континентального низкоскоростного слоя G_k .

2. Выяснилось, что геологические структуры разного возраста консолидации отличаются величиной теплового потока, среднее значение которого медленно возрастает примерно в 1,5—1,7 раза от областей докембрийской и раннепалеозойской консолидации к областям мезозойской складчатости. В областях кайнозойской складчатости величина теплового потока в мобильных зонах еще выше, особенно в районах орогенеза, вулканизма, глубинных разломов, где значения теплового поля обычно в 2 раза и более превы-

шают нормальный общепланетарный фон. В то же время нет каких-либо надежных данных, свидетельствующих об изменении геофизических особенностей областей разновозрастной консолидации, в частности о большей концентрации кислых пород в зонах юной консолидации.

3. Расчеты показывают, что имеется еще несколько источников геотермической энергии, роль которых в генерации земного тепла, возможно, больше или, по крайней мере, близка энергии радиогенного происхождения. Наиболее значительными источниками тепла могут служить энергия трения приливных движений, энергия фазовых экзотермических превращений, энергия гравитационной перестройки планеты, энергия взаимодействия с космогенным потоком нейтрино. Перечисленные источники энергии Земли, как и другие, менее значительные, изучены плохо. Несомненно, что число источников внутреннего тепла Земли будет увеличиваться по мере накопления новой геофизической информации. Так, магнитогидродинамический эффект вихревых токов во внешней зоне ядра, создающий главное магнитное поле Земли, по-видимому, определенным образом связан с выделением тепловой энергии. Однако трудности количественных оценок вышеперечисленных источников тепловой энергии весьма значительны и поэтому относительная роль этих источников остается еще непознанной. В связи с этим сохраняется неоднозначность решения и такой важной проблемы, как термическая история Земли.

Суммарная энергия, выделенная радиоактивными изотопами при различных вариантах химического состава Земли и колебаниях ее возраста от 4,5 до 6,0 млрд. лет, рассчитанная разными авторами, варьирует от $0,6 \cdot 10^{38}$ до $3,7 \cdot 10^{38}$ Эрг (табл. 11).

Таблица 11

Суммарная энергия, выделенная долгоживущими радиоактивными изотопами за время существования Земли, по данным различных авторов

Автор, год	Принятый возраст Земли, млрд. лет	Энергия, 10^{38} Эрг	Расчетная область
А. П. Виноградов, 1960	4,5	1,1—1,5	Кора и мантия
Д. Берч, 1961	4,5	0,6	До 400 км
Г. Юри, 1962	4,5	1,2	Мантия
Е. А. Любимова, 1958	4,5—5,0	1,6—2,8	Вся планета
А. Макдональд, 1959	4,5	1,4	До 400 км
Левин, Маева, 1960	1,2—3,0	1,2—3,0	Вся планета
Г. В. Войткевич, 1961	5,0—6,0	1,9—3,7	То же

Общие потери энергии Землей через тепловые потоки по оценкам Б. Г. Поляка и Я. Б. Смирнова (1970) в 20 раз превышают расход энергии в результате магматических, метаморфических и тектонических процессов.

Интегральный тепловой поток, по Е. В. Любимовой, за историю Земли и с учетом различных факторов может быть оценен в диапазоне от 0,1 до 0,7 10^{38} Эрг. На этом основании Е. А. Любимова приходит к выводу, что в настоящее время происходит разогрев Земли, следствием чего является накопление термоупругих напряжений и медленное тепловое расширение планеты.

В. В. Белоусов (1966), анализируя геологические факты о большом площадном развитии геосинклиналей в палеозое по сравнению с альпийским циклом и считая, что преимущественный тепловой поток идет через зоны геосинклиналей, приходит к следующему выводу: тепловой поток ранее был вдвое больше современного и, следовательно, Земля остывает.

Как подчеркивает В. А. Магницкий, результаты расчетов термической истории Земли связаны с принятыми допущениями о величинах исходных параметров, в зависимости от которых можно принять любое решение, «что земная кора в настоящее время или остывает или разогревается». Поэтому имеющиеся данные не позволяют прийти к какому-либо достоверному заключению на основании расчетов, включая выполняемые с помощью ЭВМ.

Вместе с тем нам представляется, что независимо от общей тенденции разогрева или остывания Земли в фанерозое имеющиеся данные о распределении тепловых потоков свидетельствуют в пользу неравномерного во времени выделения тепловой энергии Земли. Поскольку зоны повышенных тепловых потоков вполне отчетливо коррелируются с зонами современной повышенной тектонической активности, естественно предположить, что повышенная тектоническая активность в истории Земли сопровождается повышенным выделением тепловой энергии.

По-видимому, расчеты современного энергетического баланса планеты, показывающие, что на тектонические процессы, магматизм и метаморфизм затрачивается лишь небольшая доля теплотерьер, основная часть которых приходится на тепловые потоки, в первом приближении справедливы и для фанерозойской истории. Тектогенез лишь внешне отображает наиболее заметную сторону общего процесса изменения энергетики Земли, главной составляющей расходов которой является геотермия. Тектогенез — лишь видимая верхушка энергетического «айсберга», по которой можно судить об изменении режима теплотерьер планеты.

Тогда закономерности изменения тектонической активности в фанерозое могут рассматриваться как приближенное отображение интенсивности глобального тепловыделения.

Выше мы указывали, что интенсивность тектогенеза в тектонически активные эпохи примерно в 4 раза выше, чем в эпохи тектонического покоя. Такое значительное увеличение глобального тепловыделения, очевидно, маловероятно.

По оценкам советских исследователей в геосинклиналях тепловой поток составляет 0,80—1,20 единиц (микрокалорий на квадратный сантиметр за секунду), а при поднятии этих зон — 1,60—2,00 единицы. Поскольку поднятия, как правило, совпадают со временем

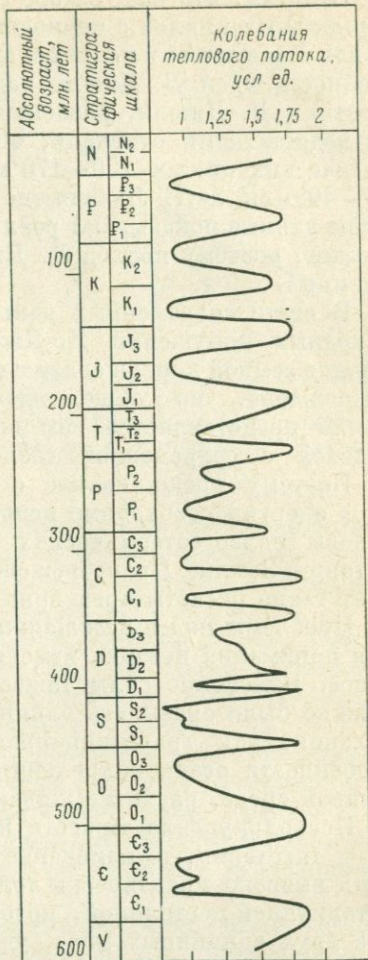
Рис. 41. График колебания суммарного теплового потока Земли в фанерозое

тектонической активности, усилению последней синхронно соответствует примерно удвоение теплового потока. Тепловые потоки в современных активных областях лишь в 1,5—2,5 раза выше, чем на древних щитах и на абиссальных равнинах. Если даже допустить, что в тектонически активные эпохи площади стабильных массивов сокращаются, а тепловой поток через них несколько возрастает (в 1,1—1,3 раза), то усиление общего глобального тепловыделения трудно ожидать больше чем в 1,5 раза (максимум в 2 раза) по сравнению с современным. Можно принять в качестве предельных колебаний суммарного всеземного теплового потока от 0,75 до 1,5 современного уровня. Тогда график гипотетического изменения тепловыделения Земли, оцененный по графику цикличности тектогенеза (см. рис. 3), примет вид, изображенный на рис. 41.

Можно думать, что графики тектогенеза и тепловыделения несущественно отличаются по фазе (что не находит отображения при принятом масштабе), характеризуются одинаковой периодичностью и заметно отличаются по амплитуде.

Нам представляется, что график глобального тепловыделения при всей своей гипотетичности является логически обоснованным следствием графика изменения интенсивности тектогенеза. Так как последний построен геологически корректно, то это дает, на наш взгляд, верную руководящую идею для оценки палеогеотермии по палеотектогенезу¹.

Построенная на рис. 41 кривая глобального тепловыделения в фанерозое, не обладая достаточной доказательной силой, выглядит вполне правдоподобно. При таком подходе мы можем оценить палеогеотермический процесс в фанерозое как сравнительно простой двухтактноциклический с периодом около 43 млн. лет.



¹ По-видимому, сходные рассуждения можно провести и для палеосейсмичности.

Отметим, что еще в 1926 г. Д. Джоли сформулировал гипотезу термальных циклов с периодом в 30—40 млн. лет, согласно которой накопление тепла в недрах и его разрядка происходят периодически. Ценность идеи Д. Джоли подчеркивал В. И. Вернадский. Однако критики Д. Джоли, развенчивая его гипотезу, наряду с другими ее недостатками отмечали, что «продолжительность реальных геологических циклов 150—170 млн. лет, в то время как у Д. Джоли 30—40 млн. лет». Любопытно подчеркнуть, что приведенные нами выше данные показывают реальность среднечастотных тектонических циклов, поэтому подход Д. Джоли не может быть отвергнут с этих позиций.

В свете современных данных неприемлемым выглядит одно из исходных допущений Д. Джоли о преимущественной генерации тепла в земной коре, в связи с чем в целом его гипотеза не может быть возрождена, но общая идея о циклическом выделении энергии Земли представляется нам вполне оправданной, хорошо согласующейся с современной геологической информацией.

Поэтому представление о циклическом выделении геотермической энергии необходимо использовать в качестве принципиальной основы палеогеотермических реконструкций и расчетов тепловой истории Земли. Пренебрежение циклическостью тепловыделения делает такие расчеты чрезмерно схематизированными.

Проблемы *палеогравитации* представляют значительный интерес для понимания истории изменения геологических процессов в фанерозое. Изменение силы тяжести на Земле, если оно имело место, должно было оказывать влияние на такие различные геологические явления, как гравитационная дифференциация вещества Земли, особенности осадконакопления и транспортировки в водной и воздушной среде, развитие живой материи и др.

Поскольку сила тяжести на Земле в основном обусловлена силами тяготения, то изменение этих сил в условиях планеты может быть вызвано практически только изменением так называемой гравитационной постоянной, которая характеризует взаимное притяжение двух единичных масс, удаленных друг от друга на единицу длины.

Необходимо отметить, что природа гравитационной постоянной остается неизвестной и является предметом исследований физиков. Конечно, дискуссионными являются и проблемы изменений во времени этого фундаментального параметра. Не касаясь его природы, можно считать, как это нередко делается, что гравитационная постоянная есть некоторая совокупность внешних условий, определяющая характер и величину сил тяготения. В настоящее время гравитационная постоянная — понятие столько же физическое, сколько и философское. Принимать ее неизменной недиалектично. Согласно общей теории относительности тяготение связано с метрикой космического пространства, имеющего не менее четырех измерений (x, y, z, t).

Представление о гравитационной постоянной было выработано И. Ньютоном в рамках классической механики.

Переход от классической механики к релятивистской привел к ревизии представлений о постоянстве гравитационной постоянной. На это указывал А. Эйнштейн, позднее П. Иордан, П. Дирак, К. П. Станюкович, Р. Х. Дайк, П. Н. Кропоткин, Г. Г. Вундерлих, К. Е. Веселов, Ф. Мачадо, К. А. Путилов, К. З. Стариков и др.

Рассматривая природу гравитации, Р. Х. Дайк (1964) отмечал, что в рамках классической теории трудно было указать общие физические причины изменений момента инерции и радиуса Земли. Положение изменилось, когда были предложены новые расширенные варианты теории тяготения, в которых гравитационная постоянная рассматривается как величина, зависящая в конечном счете от средней плотности материи во Вселенной или от величины потенциала поля тяготения в том пункте, где мы производим измерение.

В рамках общей теории относительности понятие о гравитационном потенциале определяется нечетко. Так, Д. Шама предлагает понимать этот параметр как величину, характеризующую кривизну трехмерного пространства в любой момент времени.

Первоначально представления об изменении сил гравитации разрабатывались физиками и астрономами в рамках интерпретации экспериментальных данных и общетеоретических разработок. П. Иордан и П. Дирак первыми высказали предположение, что расширение Вселенной сопровождается уменьшением гравитационной постоянной.

В современной космологии на основании многочисленных наблюдений за доплеровскими смещениями спектральных линий различных галактик, радиогалактик и квазаров интенсивное расширение Вселенной рассматривается как непреложный факт. Исследования показали, что скорости удалений различных галактик прямо пропорциональны расстоянию до этих галактик. Графическое изображение представлений о расширении Вселенной и обоснование этих представлений приведены на рис. 42 и 43 по данным Д. Шама (1973).

Однако физики и астрономы считают уместным экстраполировать современные данные о расширении Вселенной на сотни миллионов и миллиарды лет назад, что служит базой для разработки многих физических и астрономических теорий. Такая экстраполяция, конечно, не является вполне достоверной и должна быть проверена геологическими данными.

В понимании природы и изменчивости гравитационных сил важную роль должны сыграть данные палеогеологии и палеогеофизики,

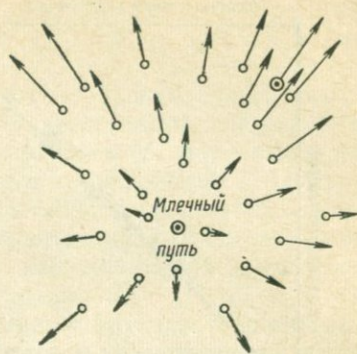


Рис. 42. Расширение Вселенной (из Д. Шама, 1973). Скорость удаления Галактики пропорциональна ее расстоянию от Млечного пути

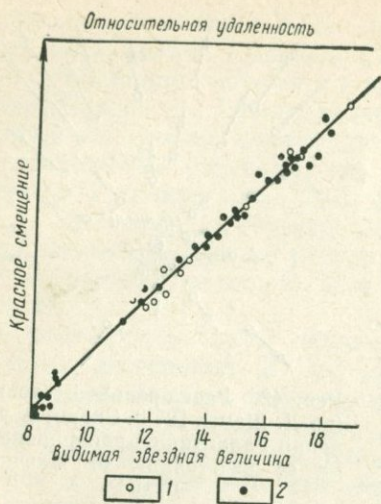


Рис. 43. Зависимость между красным смещением и видимой звездной величиной для ярчайших галактик 42 скопления (Д. Шама, 1973)

1 — радиогалактики; 2 — обычные галактики

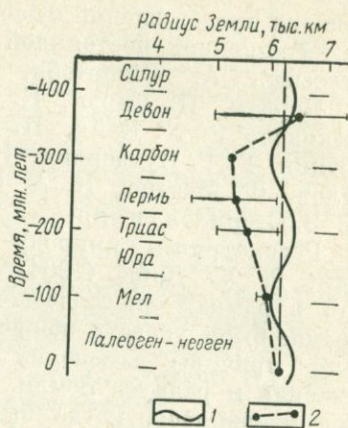


Рис. 44. Изменение радиуса Земли по гипотезе Ф. Мачадо, основанной на предположении о вариациях гравитационной постоянной, и по палеомагнитным данным, обобщенным П. Н. Кропоткиным. Кривые изменения радиуса Земли: 1 — по Ф. Мачадо, 2 — по П. Н. Кропоткину

ибо, оценивая природу такого параметра, необходимо использовать не только грандиозные величины пространства, но и сопоставимые, соизмеримые интервалы времени. Поэтому, именно геолого-геофизические данные открывают путь к оценке сущности и изменчивости гравитационной постоянной.

В настоящее время представления о палеогравитации формируются преимущественно на основе различных дедуктивных соображений. Рассматривая роль космических факторов в геотектонике, в обобщающей работе, посвященной этой проблеме, П. Н. Кропоткин писал: «Геологические и геофизические данные... приводят к необходимости искать какой-то внешний фактор, скорее всего в области гравитации, способный... создавать неравномерности тектонических процессов во времени» (1970, стр. 31).

Среди дедуктивных гипотез о палеогравитации можно наметить несколько разновидностей.

1. Л. Эжи, Р. Дике, В. Б. Нейман и др. поддерживают идею расширения Земли и постепенного уменьшения гравитационной постоянной. По оценкам этой группы исследователей в начале фанерозоя сила тяжести была в 1,3—1,5 раза больше современной.

2. Г. П. Тамразян полагает, что гравитационные силы периодически изменяются при движении Солнечной системы по галактической орбите, причем гравитационный потенциал в перигалактики на 27% выше, чем в погалактии. При таком подходе гравитационная

постоянная принимается гармонически изменяющейся с периодом порядка 180—260 млн. лет и амплитудой $\pm 13,5\%$ от средней величины.

3. Ф. Мачадо (1968) высказал гипотезу о гармонических синусоидальных колебаниях гравитационной постоянной и радиуса Земли от $5,9 \cdot 10^3$ до $6,4 \cdot 10^3$ км с периодом 200 млн. лет, исходя из допущения о периодичности общемировых трансгрессий и регрессий. Колебания радиуса Земли в пределах 10% на основании палеомагнитных данных допускает П. Н. Кропоткин. Представления этих авторов о вариациях радиуса Земли, отображающих изменения гравитационной постоянной, приведены на рис. 44.

Противоречия существующих дедуктивных гипотез о палеогравитации между собой и их несогласованность с приведенными выше данными о режиме различных геологических процессов заставляют с особым вниманием отнестись к независимым данным геологических наблюдений над явлениями, характер протекания которых определяется изменением силы тяжести.

В работе Р. Лаутербаха (1971) обобщены возможные пути оценки изменения силы тяжести на поверхности Земли в геологической истории, из которых наиболее важными нам представляются следующие.

1. Статистическая оценка размеров и приблизительной массы летающих животных, прежде всего птиц.

2. Сопоставление прочности поддерживающего аппарата сухопутных животных и исследование глубины отпечатков следов животных.

3. Изучение средних углов наклона косой слоистости.

Необходимо отметить, что достаточных исследований по изучению указанных или иных параметров, обусловленных палеогравитацией, еще не выполнено.

Отдельные разрозненные факты свидетельствуют скорее всего об относительном увеличении гравитационной постоянной в мезозое. Так, по данным Л. С. Смирнова (1972) наблюдения над углами наклона косой слоистости и содержанием различных фракций в алевrolитах показывают, что сила тяжести в меловой период была в 1,15 раза выше современной.

Существование гигантских рептилий в пермо-триасе рассматривается как следствие значительного повышения силы тяжести. Имеющиеся данные показывают, что в течение фанерозоя нельзя предполагать весьма значительных изменений гравитационного поля, наибольшие допустимые его колебания не превышают $\pm 30 \div \pm 40\%$ от современного. Судя по развитию животного мира, наиболее явной аномалией можно считать период расцвета гигантских наземных и летающих ящеров.

Изложенное свидетельствует о том, что, несмотря на намечающиеся пути решения проблемы палеогравитации, в современных представлениях о ее режиме практически невозможно выйти за рамки общих дедуктивных умозаключений.

Геологические данные в целом не согласуются с допущениями физиков и астрономов о том, что режим палеогравитации носил

характер монотонных однонаправленных изменений. Согласно разрозненным геологическим данным палеограви́тация в фанерозое характеризовалась, по-видимому, своеобразными аномалиями, возможно, при некоторой тенденции к общему медленному уменьшению гравитационной постоянной.

Нам представляется, что цикличность палеограви́тации наилучшим образом должна согласовываться с цикличностью тектогенеза, так как периодическое усиление и ослабление последнего не может быть объяснено на современном уровне знаний без допущения о периодическом ослаблении и усилении гравитационной дифференциации вещества Земли и о соответствующих вариациях эндогенной энергии. Цикличность тектонических процессов вполне определенно свидетельствует против монотонного уменьшения или увеличения гравитационной постоянной и согласуется с представлениями о ее вариациях.

Однако прямолинейное отождествление периодичности палеограви́тации и тектогенеза едва ли оправдано. В настоящее время механизм перераспределения энергии между границей мантии и ядра и астеносферно-литосферной зоной совершенно не ясен. Этот передаточный механизм, возможно, вносит существенные искажения в частоту процессов, протекающих на разных уровнях. Поэтому, полагая наличие детерминированной связи между палеограви́тацией и тектогенезом весьма вероятной, мы не считаем возможным оценивать частоту изменений палеограви́тации по частоте тектогенеза из-за неопределенности формы взаимосвязи этих процессов.

В заключение необходимо констатировать следующее.

1. В настоящее время следует отдавать предпочтение схемам периодического изменения палеограви́тации.
2. Можно допустить некоторое незначительное общее понижение гравитационной постоянной в фанерозое.
3. Время для построения сравнительно надежной палеограви́тационной кривой для фанерозоя еще не наступило из-за резкого дефицита достоверных данных, накопление которых должно быть продолжено.

ЦИКЛИЧНОСТЬ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ И УГЛЕОБРАЗОВАНИЯ

Исследование человеком природных ресурсов издавна в значительной мере ориентировалось на поиски источников энергии. В качестве основных источников энергии в XIX—XX вв. выступают нефть, газ и уголь. Все возрастающая потребность в этих полезных ископаемых, быстрая окупаемость затрат на их поиски и разведку привели к тому, что в настоящее время распределение этих полезных ископаемых в разрезах всех материков изучено наилучшим образом. Поэтому оценка глобальных закономерностей распределения запасов нефти, газа и угля в фанерозое может быть выполнена достаточно надежно.

Указанные полезные ископаемые имеют специфическое происхождение. Уголь является безусловным продуктом растительного мира. Органическое происхождение практически всех запасов нефти и газа принимается подавляющим большинством исследователей. Анализ распределения запасов названных полезных ископаемых, безусловно, характеризует изменение масштабов продуктивности и условий развития биосферы планеты в геологическом прошлом.

§ 1. РАЗЛИЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ЦИКЛИЧНОСТИ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

Распределение нефти и газа в верхних горизонтах земной коры, изученных бурением, подчиняется определенным закономерностям, в основе которых лежит генетическая связь между процессами нефтегазообразования и особенностями захоронения органических веществ при накоплении и изменении осадочных пород на стадиях диагенеза и катагенеза во всех осадочных бассейнах мира. Анализ таких закономерностей показывает, что в течение последних 570—600 млн. лет в различных районах мира периодически возникали относительно более или менее благоприятные условия для генерации и накопления углеводородов. Неоднократное усиление и ослабление этих процессов в геологической истории позволяет поставить вопрос о цикличности нефтегазообразования и нефтегазонакопления в фанерозое.

Разработка представлений о цикличности нефтегазообразования в трудах С. П. Максимова, Н. А. Еременко, Т. А. Ботневой, Р. Г. Панкиной и других исследователей базируется на современных данных об открытых месторождениях, их запасах и распределении последних в различных стратиграфических комплексах пород.

Вопросам цикличности процессов нефтегазообразования посвящены многочисленные статьи вышеупомянутых авторов и моногра-

фии С. П. Максимова (1964), Т. А. Ботневой (1972), в которых приведен критический анализ предшествующих работ и дана сравнительно полная библиография. Современное состояние проблемы цикличности нефтегазообразования оценивается Т. А. Ботневой следующим образом: «Возникшая в конце 40-х годов из необходимости объяснить новые факты научная проблема цикличности процессов нефтегазообразования (В. В. Вебер, Н. А. Еременко, С. П. Максимов) в 50-х годах сформировалась в четко выраженную гипотезу... Подтвержденная фактами, эта гипотеза стала теорией... Теория цикличности процессов нефтегазообразования не получила еще окончательного завершения (стр. 251, 1972).

Учение о цикличности нефтегазообразования базируется на геохимических исследованиях состава нефти и газа в различных залежах с целью оценки их различий или тождества, так как наличие в разрезе разных по составу нефтей может свидетельствовать о разных способах их генерации, о разных источниках поступления, о разных циклах нефтегазообразования. Наиболее представительными геохимическими показателями специфики нефтей являются групповой состав нефти, содержание изотопов, углерода, серы и др.

Этот подход к проблеме цикличности нефтегазообразования акцентирует внимание на изучении генетически разных типов нефтей. Анализируется повторяемость нефтегазообразования, независимость и самостоятельность отдельных фаз этого многоактного процесса, эволюция и своеобразие состава и свойств нефти и газа, образовавшихся и заключенных в различных литолого-стратиграфических комплексах различных регионов. В изучении именно этой стороны проблемы достигнуты значительные успехи.

В докладе «О цикличности процессов нефтегазообразования», представленном на XXIV сессии МГК (1972), С. П. Максимов, Т. А. Ботнева, Н. А. Еременко и Р. Г. Панкина сформулировали представление о цикле нефтегазообразования как неоднократно повторяющемся накоплении органического вещества (I этап цикла), его преобразовании в направлении генерации нефтяных углеводородов (II этап), формировании залежей нефти и газа (III этап) и, наконец, их частичном или полном разрушении (IV этап).

Обязательным элементом цикла нефтегазообразования является прохождение нефтематеринской свиты через главную зону нефтегазообразования (ГЗН). Поэтому число циклов нефтегазообразования в каждом конкретном регионе определяется числом нефтепроизводящих свит, достигших в ходе тектонического развития главной зоны нефтегазообразования.

В каждом конкретном регионе выделяется один или несколько циклов нефтегазообразования, каждый из которых характеризуется специфическим составом нефти и газа, отображающим своеобразие условий накопления и преобразования вещества нефтепроизводящих пород.

Необходимо подчеркнуть, что специфические геохимические параметры нефти и газа, свойственные различным нефтегазоносным комплексам, являются убедительным свидетельством неоднократности

процессов нефтегазообразования, длительности существования залежей, преобладающей надежной изоляционной роли покрышек и, наконец, свидетельством, несомненно, подчиненной роли вертикальной миграции (по разломам или в виде диффузионного перетока) в осадочном чехле платформ.

Другим важным подтверждением цикличности и неоднократности нефтегазообразования является несовпадение в пространстве ареалов и границ нефтегазоносности различных литолого-стратиграфических комплексов, установленное в большинстве нефтегазоносных регионов.

Указанный подход к цикличности позволяет оценить число возможных циклов нефтегазообразования в каждом конкретном регионе в зависимости от истории его геологического развития и выполнить оценку его потенциальных ресурсов нефти и газа в соответствии с современным уровнем теории органического происхождения нефти и газа с учетом развития латеральной миграции внутри нефтегазоносных комплексов. На основании такого подхода С. П. Максимов и др. (1972) и Т. А. Ботнева (1972) выделили на территории СССР 16 циклов нефтегазообразования и большинство из них установили в различных районах других стран (рис. 45).

В настоящей работе нами рассмотрен другой аспект проблемы цикличности нефтегазообразования: цикличность масштабов нефтегазообразования и нефтегазонакопления, закономерности относительной глобальной изменчивости этого процесса во времени, взаимосвязь его и коррелируемость с режимами тектонических движений, осадконакопления, климата и магнитного поля. Таким образом, циклы нефтегазообразования оцениваются нами здесь по изменению распределения запасов нефти и газа по различным периодам фанерозойской истории континентального блока.

Если указанный выше первый подход к цикличности нефтегазообразования концентрирует внимание на неоднократности, повторяемости процессов нефтегазообразования в каждом конкретном регионе, то рассматриваемый нами здесь подход имеет задачей рассмотрение осредненных запасов нефти и газа в пределах крупнейших тектонических регионов, материков и «континентального блока» планеты в целом. При таком подходе мы выявляем глобальную цикличность или мегацикличность нефтегазообразования.

Мегацикл нефтегазообразования включает несколько циклов, сходных по основным параметрам. Например, нижнепалеозойский мегацикл включает в себя кембрийский, ордовикский и силурийский циклы, а средне-верхнепалеозойский — девонский, ниже- и средне-каменноугольные и нижнепермский циклы. Мегациклы характеризуются соответствующим и различным между собой исходным органическим веществом, смена которого находилась в прямой зависимости от различных глобальных низкочастотных факторов. Для каждого мегацикла характерна специфичность органической жизни на Земле. Мегацикл нефтегазообразования охватывает интервал времени, в течение которого процессы нефтегазообразования и нефтегазонакопления на территории суши или какого-либо континента возросли от

некоторого относительного минимума до максимума и затем вновь уменьшились до относительного минимума.

Для оценки масштабов нефтегазонакопления в отложениях различных интервалов времени фанерозоя необходима информация о распределении запасов нефти и газа в осадочных отложениях фанерозоя всех материков. Широкое развитие поисков и разведки нефти и газа на суше и шельфе приблизило нас к достаточно представительному решению этой задачи.

Материалы о пространственном распределении прогнозных, потенциальных и промышленных запасов нефти и газа и их стратиграфической приуроченности по различным странам и нефтегазоносным бассейнам очень разнородны. Обобщение и синтез этих данных связаны со значительными трудностями в связи с отсутствием сведений о методике и точности подсчетов, выполненных различными авторами.

Установлено, что залежи нефти и газа размещаются в отложениях различного возраста от рифея до неогена, а небольшие концентрации битумов нефтяного типа и углеводородных газов отмечены в породах протерозоя с возрастом заведомо бóльшим, чем 1,0 млрд. лет.

А. В. Сидоренко и др. (1972) на основе анализа изотопного состава углерода делают вывод об органическом происхождении углерода, графита и шунгита из метаморфических пород докембрия (от архея до верхнего протерозоя).

Проблема изучения нефтегазоносности древних осадочных образований еще только поставлена и далека от своего разрешения. Учитывая это, мы уделили главное внимание изучению закономерностей распределения нефти и газа в породах фанерозоя, с которыми связано более 99% мировых запасов этих полезных ископаемых.

В последние годы против представлений о цикличности нефтегазообразования активно выступает Н. Б. Вассоевич (1976), который критикует представления о цикличности нефтегазообразования по трем направлениям:

1) находя наименование «цикличность» терминклатурно неправильным;

2) возражая против предложения именовать «циклы нефтеобразования» по возрасту материнской толщи, «как это делают Т. А. Ботнева, С. П. Максимов и др., путающие понятия об осадочном цикле, о цикле литогенеза и цикле нефтеобразования» (Н. Б. Вассоевич, 1976, стр. 23);

3) объявляя неуместной путаницей введение понятия о мегациклах глобального нефтегазообразования.

В связи с этим необходимо остановиться на возражениях Н. Б. Вассоевича против цикличности нефтегазообразования.

1. Мы разделяем точку зрения О. А. Радченко, В. А. Успенского (1976) о том, что возникновение новой терминологии, уточнение или изменение существующей являются естественным и неизбежным процессом. Но нельзя терминологию превращать в фетиш, не учитывать существа вопроса и усваиваемость новых терминов.

Хорошую оценку ученым, чрезмерно увлекающимся терминологией, дал академик А. Мигдал (1976), который отметил: «Часто работа тормозится обсуждением антинаучных или внеаучных вопросов. Имеются в виду те вопросы, антинаучность которых очевидна, как в случае средневековых споров: «сколько чертей может поместиться на кончике иголки?», или в случаях (довольно частых), когда спор касается *не существа, а терминологии*».

Мы неоднократно подчеркивали, что под цикличностью нефтегазообразования (нефтегазонакопления) понимаем неоднократную повторяемость этих процессов в течение фанерозоя не по замкнутому кругу, а по спирали. Термины цикл и цикличность широко внедрили и привились в научной литературе, посвященной литогенезу, осадкообразованию, тектонике, климатическим изменениям и т. п. Как видно из всех фактических данных, приведенных выше в данной монографии, процессы нефтегазообразования (нефтегазонакопления) теснейшим образом коррелируются с указанными глобальными процессами, а потому термин цикличность наиболее правильно отражает объективно существующую закономерность и легко усваивается.

Считая термин цикличность терминклатурно неправильным, Н. Б. Вассоевич предлагает к повторяемости процессов нефтегазообразования применять термины стадийность, повторяемость и ритмичность. Термин стадийность может быть сопоставлен всего лишь с нашим термином этап, который является только частью цикла, ибо их в цикле выделено четыре. Поэтому этот термин не отражает существа процесса. Второй термин подчеркивает повторяемость не всего процесса, а только одного из его этапов. Кроме того, в отдельных нефтегазонасных бассейнах (например, в Припятском прогибе) может не быть повторяемости процессов нефтегазообразования, а цикл, включающий нефтегазообразование, миграцию, акк муляцию и разрушение, имеет место. Следовательно, этот термин тоже непригоден. Термин ритмичность, как отмечалось ранее, применим для высокочастотных процессов, особенно для флишевых образований, но для среднечастотных, а тем более для низкочастотных процессов непригоден. Отвергая термин цикличность, Н. Б. Вассоевич не предложил взамен ничего более удобного, отражающего существо глобального процесса.

2. Возражая против предложения именовать циклы нефтеобразования по возрасту материнской толщи, Н. Б. Вассоевич (1976, стр. 23) предлагает использовать для датирования различных этапов цикла формулу, включающую десять пунктов: 1) возраст материнской (нефте-, газо- или нефтегазоматеринской) свиты; 2) время вступления данной материнской свиты в главную зону генерации микронепти (нефти); 3) дифференцированную по отдельным районам временную характеристику данного этапа (главная фаза нефтегазообразования — ГФН); 4) время начала широкой первичной миграции нефти; 5) время усиления вторичной миграции нефти; 6) длительность основной фазы миграции нефти; 7) возраст коллектора; 8) время возникновения флюидоупора; 9) возраст ловушки; 10) время формирования залежей нефти.

Само предложение Н. Б. Вассоевича заслуживает одобрения, но предлагаемая им формула мало обоснована и неудобна, в ней смешаны относительно достоверная информация (возраст флюидоупора, коллектора, ловушки, нефтематеринской толщи) и дискуссионные положения (время ГФН, время первичной и вторичной миграции, длительность основной фазы миграции, время переформирования залежей). Предлагаемую Н. Б. Вассоевичем формулу по своей громоздкости можно сопоставить с приведенным в статье О. А. Радченко и В. А. Успенского (1976, стр. 72) термином оксисорбоколлоальгинитохитинит, предложенным С. Г. Неручевым и др. Подобным термином пользоваться никто не сможет. Кроме того, Н. Б. Вассоевич, введя в литературу термин главная фаза нефтегазообразования (ГФН), наделил его определенными геохимическими и термодинамическими параметрами (в том числе температурой, давлением и др.). «Фаза» — это часть процесса, а поэтому она не может быть наделена параметрами. Только «зона» или «интервал» геологического разреза могут характеризоваться соответствующими температурой, давлением, геохимическими и термодинамическими условиями. На эту ошибку нами уже было обращено внимание (1974), однако Н. Б. Вассоевич считает, что «фаза» и «зона» — синонимы, с чем никак нельзя согласиться.

Н. Б. Вассоевич, введя термин ГФН, не изложил метод выделения этой фазы, сделав его неопределенным понятием. ГФН определяется на основании изучения современного остаточного распределения в глинистых породах высококипящих углеводородов и распределения промышленных запасов нефти и газа, а поэтому оказывается приуроченной к стадиям углефикации органического вещества Д, Г.

Следует согласиться с А. А. Бакировым и др. (1976), что «активизация образования жидких УВ и эмиграция из нефтегазопродуцирующих отложений в коллекторы зависят от ряда взаимосвязанных факторов, в том числе от природы исходного ОВ, состава и строения вмещающих пород, величины палеогеотермического градиента, продолжительности геологического времени воздействия, определяющих температуру и давление на вмещающие исходное ОВ отложения» (стр. 105). Далее авторы указывают, «что в пределах одной нефтегазоносной провинции циклы регионального нефтегазообразования в ходе развития литогенеза протекали неоднократно. Если это так, то, естественно, возникает необходимость выделения для каждого из них своей главной фазы нефтегазообразования. В таком случае, естественно, возникает вопрос: сколько главных фаз нефтегазообразования в каждой нефтегазоносной провинции и каковы должны быть критерии выделения главнейшей из них, с которой могут быть связаны основные запасы УВ» (стр. 106).

Наконец, А. А. Бакиров и др. считают, что приурочивать ГФН к интервалам глубин 2—4 км нельзя, так как это не отвечает фактическому размещению основной доли выявленных запасов нефти и газа по интервалам глубин. И последнее, что это — фаза максимального образования (или накопления) углеводородов в материнской

свите или зона максимального количества углеводородов, эмигрировавших из материнской свиты? Вышеуказанное дает нам основание считать, что термин ГФН является неудачным и им не следует пользоваться.

3. Вместо рассмотрения вопроса по существу Н. Б. Вассоевич нарекает «мегацикл» нефтегазообразования «неуместной путаницей». При введении этого термина мы исходили из твердо установленных глобальных факторов, какими являются физико-химическое родство нефтей, сходство тектонических условий осадкообразования и геохимических обстановок процессов нефтегазообразования соответствующих циклов. Например, нижнепалеозойский мегацикл нефтегазообразования твердо устанавливается только в двух частях Советского Союза: в Балтийской синеклизе отмечаются три цикла нефтегазообразования (в среднем кембрий, ордовике и силуре); в пределах Сибирской платформы выделяется один цикл нефтегазообразования (кембрий). Наряду с геологическим сходством условий нефтеобразования отмечается генетическое родство нефтей указанных циклов, обусловленное близостью и единством органического вещества, характерного только для этого интервала времени (кембрий — поздний силур).

Указанное сходство основных параметров соответствующих циклов (тектоническая обстановка, родство органического вещества и др.) взято за основу при введении термина мегацикл. Давно установлено, что органическая жизнь, а следовательно, и захороняемое органическое вещество в раннем палеозое, среднем — верхнем палеозое, мезозое и кайнозое настолько резко отличались, что даже при значительном метаморфизме эти различия унаследовались и сохранились в нефтях.

А. Э. Конторович, А. А. Трофимук (1976) считают, что в тесной связи с составом исходного органического вещества в осадочных толщах находится их преимущественная нефте- или газоносность. «Выход в конце силура и в девоне растительности на сушу и исключительно бурное ее развитие, начиная с карбона, обусловили качественный скачок в эволюции процессов нефтегазообразования. Во-первых, резко расширился спектр фаций, благоприятных для нефтегазообразования, а значит, при прочих равных условиях и площадь распространения, и объем нефтегазопроизводящих пород. Во-вторых, значительно увеличилась масса ОВ, участвующего в процессах нефтегазообразования. В-третьих, впервые источником углеводородов в осадках и осадочных породах стало качественно новое по типу ОВ, генетически связанное с высшей растительностью» (стр. 21—23).

Приведенные данные по различию исходного органического вещества полностью подтверждают обоснованность выделения нами нижнепалеозойского и средне-верхнепалеозойского мегациклов нефтегазообразования. Эти два мегацикла нефтегазообразования соответствуют двум мегакомплексам отложений (В. Д. Наливкин и др., 1976), накопившихся в течение каледонского и герцинского тектонических циклов.

Таким образом обоснованием «мегациклов» является близость исходного органического вещества и сходство геологической обстановки осадконакопления и нефтегазообразования. Если Н. Б. Вассоевич считает термин мегацикл неудачным, приводящим к путанице, то какой термин он предлагает для отражения сходства органического вещества соответствующих выделенных нами мегациклов нефтеобразования? Пока предложений не последовало.

4. Н. Б. Вассоевич из обширной информации о нефтяных месторождениях выбирает отдельные случаи, единичные нетипичные явления и пытается именно к ним приспособить закономерности. Среди сотен месторождений-гигантов имеется несколько, включая месторождения Хасси-Мессауд, Прудхо-Бей, Атабаска, в которых возраст нефте(газо)материнских свит и возраст пород-коллекторов, возможно, значительно отличаются друг от друга. Наибольшие различия возраста нефтематеринских и нефтемещающих толщ, по-видимому, присущи месторождению Хасси-Мессауд. Любопытно, что только это месторождение анализируется Н. Б. Вассоевичем в работе, посвященной понятию о возрасте нефти. Очевидно, что такой прием, игнорирующий основные закономерности нефтегазонакопления, не связанный с анализом совокупности всех или крупнейших месторождений мира, приводит Н. Б. Вассоевича к ошибочным заключениям.

Рассмотрение материалов по молодым и древним платформам и, в меньшей мере, по складчатым областям показывает, что нефть и газ концентрируются преимущественно в крупных литологических комплексах, в которых содержатся как нефте(газо)материнские свиты, так и породы-коллекторы и флюидоупоры. В качестве вероятностного закона нефтегазонакопления на платформах установлено, что основная масса углеводородов сконцентрирована в тех же литолого-стратиграфических комплексах, где и была генерирована. Поэтому представления о сингенетичности углеводородов и вмещающих их осадочных комплексов (А. А. Трофимук, Ю. Н. Карагин и др.), о формировании месторождений преимущественно за счет внутриформационной миграции (А. М. Акрамходжаев, А. Г. Бабаев), о преобладании латеральной миграции (А. А. Бакиров, В. В. Вебер, И. В. Высоцкий, С. П. Максимов, В. Д. Наливкин и др.) по существу являются следствиями упомянутого вероятностного закона нефтегазонакопления на платформах. По приближенным оценкам от 80 до 90% известных запасов нефти и газа сконцентрированы в тех же литолого-стратиграфических комплексах, в которых произошла их генерация. Эта закономерность, однако, не соблюдается для некоторых месторождений разных масштабов, в числе которых имеются и отдельные месторождения-гиганты.

Не касаясь частных явлений, укажем на результаты ряда статистических обобщений, в которых устанавливается нахождение нефти в основном в тех же стратиграфических комплексах, где произошла ее генерация.

1. К. М. Емельянов (1974) подтвердил вывод о первичности нефти в стратиграфических комплексах ее современного нахождения

в Западно-Тихоокеанском нефтегазоносном поясе (510 месторождений, от Южной Аляски до Новой Зеландии).

2. Закономерную приуроченность ресурсов нефти и газа (общее количество до 224 млрд. т) Южной Америки к отдельным комплексам отложений отмечают Г. С. Гуревич и др. (1974).

3. В платформенных областях СССР по данным С. П. Максимова и И. П. Лаврушко (1975) сосредоточено свыше 90% запасов нефти и 96% запасов газа страны. Подавляющее большинство платформенных месторождений сформировалось в результате латеральной миграции, т. е. за счет органического вещества (ОВ) тех комплексов отложений, в которых сконцентрированы запасы нефти и газа.

4. Из материалов предпринятого В. Ф. Раабеном (1975) и В. Ф. Раабеном и Л. В. Галимовой (1975) анализа очевидно, что основные запасы нефти и газа на древних и молодых платформах мира связаны с комплексами отложений, в которых накапливается органическое вещество. Перетоки нефти и газа обычно происходят только в зонах разрушения региональных покровов и обычно не далее, чем в отложения более молодого (по сравнению с нефтегазоматеринской толщей) геохронологического периода. Эти перетоки имеют подчиненное значение.

Несмотря на безусловное различие понятий о нефтегазообразовании и нефтегазонакоплении приуроченность большинства запасов нефти и газа к комплексам их генерации является естественным результатом общих закономерностей развития процессов осадконакопления. В ходе циклического протекания осадконакопления закономерно циклически чередуется формирование нефтегазоматеринских, коллекторских и изолирующих толщ, поэтому комплексы, заключенные между двумя региональными флюидоупорами, становятся естественной нефтегазогенерирующей и нефтегазовмещающей ассоциацией. При обычных темпах осадконакопления формирование таких ассоциаций охватывает не более 20—100 млн. лет.

Статистическое обобщение массивов информации позволяет выйти за рамки простого накопления фактов, в бесконечном природном разнообразии которых можно подобрать какие угодно примеры. Статистическое обобщение приводит к выявлению вероятностных закономерностей, к доказательству вероятности теоретически обоснованных идей, гипотез, теорий и концепций, скрытых в общем нагромождении фактов, среди которых нередко самыми приметными оказываются факты необычные, экзотические. Именно поверхностное обращение к экзотическим фактам (месторождение Хасси-Мессауд), без статистического анализа материалов подвело Н. Б. Васюевича и явилось следствием его ошибочных заключений. Напротив, статистический анализ позволяет выделить глобальную цикличность нефтегазонакопления в фанерозе несмотря на помехи, создаваемые такими нетипичными объектами, как Хасси-Мессауд и некоторые иные. Нам представляется, что при выявлении естественных закономерностей нужно отличать главное от второстепенного, типичное от случайного, статистическое среднее от дисперсии. Именно такой путь приводит к выявлению глобальных мегациклов нефтега-

зонакопления. Анализ совокупности имеющихся данных показывает: установленный И. М. Губкиным закон о несовпадении в пространстве зоны рождения нефти и зоны ее скопления означает, что эти зоны соединены друг с другом путями миграции.

Нефтегазообразование и нефтегазонакопление закономерно связаны единими нефтегазосносными комплексами, включающими нефтегазоматеринские свиты, толщи коллекторов и флюидоупоров. Обычно единые нефтегазосносные комплексы ограничены сверху и снизу регионально выдержанными толщами флюидоупоров, формирование которых продолжается не более 20—40, реже до 100 млн. лет. Поэтому статистически достоверным является вывод о тесной корреляции между нефтегазообразованием и нефтегазонакоплением в отложениях крупных стратиграфических подразделений.

Значительное несовпадение возраста нефтегазовмещающих и нефтегазопроизводящих пород является статистически не характерным.

Для крупных нефтегазосносных бассейнов, регионов цикличность процессов нефтегазообразования выступает как общая закономерность, как неоднократно возникающие благоприятные условия для накопления органического вещества, преобразования его в нефть и газ и накопления их в месторождения, а также для разрушения последних в ходе становления и развития бассейнов и регионов. В крупных бассейнах и регионах число циклов нефтегазообразования может достигать 5—8, а в отдельных бассейнах может сокращаться до 1—2.

Для континентального блока планеты, вероятно, и для всей литосферы Земли в целом глобальная цикличность нефтегазообразования и нефтегазонакопления выступает в форме мегациклов, как закономерное объединение сходных процессов в отложениях различных стратиграфических комплексов в ходе фанерозойской истории.

§ 2. О СВЯЗИ УЧЕННЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ И ГАЗА С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ БИОСФЕРЫ

Прежде чем перейти непосредственно к анализу распределения учтенных запасов нефти и газа, следует рассмотреть вопрос о степени представительности этих запасов, о наличии корреляций между учтенными и геологическими запасами биогенного углерода и особенностями развития органического мира.

Необходимо отметить, что до настоящего времени отсутствуют общепринятые представления об эволюции таких величин, как общая масса биосферы, ее продуктивность (количество биомассы, производимое биосферой Земли в единицу времени), количество органики, захороняющейся в осадке и преобразующейся в углеводороды нефти и газа.

В. И. Вернадский считал, что геохимические явления не изменялись заметным образом со времени архейских эр, что средние количества и состав живого вещества оставались приблизительно одинаковыми в течение этого длительного времени. Количество живого

вещества он считал планетарной константой со времени архейской эпохи.

В монографии Л. Ш. Давиташвили (1971) дан качественный анализ изменения органического мира и влияния этого фактора на формирование горючих ископаемых. Количественная оценка, по мнению этого автора, еще не представляется возможной. Л. Ш. Давиташвили отвергает тезис В. И. Вернадского о неизменном количестве биомассы Земли, приводя общие соображения о том, что вся история развития органического мира — это история освоения новых сред обитания. Первоначально процесс этот происходил только в море, а со второй половины девонского периода началось освоение суши. Расширение сферы обитания неизбежно влекло за собой общее возрастание биомассы Земли. Эту же мысль развивал Н. М. Страхов (1971), который указывал, что освоение континентов сопровождается резким возрастанием общей массы живого вещества (она, по крайней мере, удваивается). Захват бентосом все новых участков глубокого дна, продвижение в пелагическом направлении также увеличивало биомассу морских организмов. В целом за относительно короткий промежуток времени живое вещество количественно возрастает, по мнению Н. М. Страхова, в 3—3,5 раза.

А. Б. Ронов и А. А. Мигдисов (1970) связывают с этим фактором закономерное уменьшение содержания $C_{орг}$ в осадочных породах с их возрастом. Среднее содержание $C_{орг}$ в глинах Восточно-Европейской и Северо-Американской платформ, по их данным, увеличивается от 0,35% в верхнем протерозое до 0,7% в палеозое и 0,94% в мезозое — кайнозое, для терригенных пород (пески, алевролиты) эти показатели соответственно равны 0,08, 0,23 и 0,36%, а для карбонатов — 0,06, 0,26 и 0,47%.

Данные о современной биосфере приведены А. М. Рябчиковым (1971) (табл. 12).

Т а б л и ц а 12

Общая масса (в 10^9 т сухого вещества) и продуктивность (в 10^9 т/год) современной биосферы

Компоненты	Суша		Океан (по В. Г. Богорову, 1967)		Земля в целом	
	Общая масса	Продуктивность	Общая масса	Продуктивность	Общая масса	Продуктивность
Фитомасса	1770	121,6	0,1	55,0	1770,1	176,6
Зоомасса	16,5	66	3,3	5,6	19,8	71,6
Общая биомасса	1786,5	187,6	3,4	60,6	1789,9	248,2

Исходя из представлений Н. М. Страхова, Л. Ш. Давиташвили и других исследователей о возрастании биомассы Земли, по-видимому, следует считать, что современное количество биомассы — $1,79 \times 10^{12}$ т является близким к предельному и в глубь геологической истории оно должно убывать. Как видно из табл. 12, отношения

между биомассой и продуктивностью в современной биосфере Земли неоднозначны: продуктивность биомассы океана достигает 60,6 млрд. т/год, что лишь в 3 раза меньше продуктивности биомассы континентов (187,6 млрд. т/год), а по своей массе биос океана в 526 раз меньше наземного.

Эти соотношения, несомненно, существенно изменялись в геологической истории, поэтому даже грубая экстраполяция этого показателя на прошлые геологические эпохи едва ли возможна.

Н. Б. Вассоевич, Н. Н. Корнилова и В. В. Чернышов (1973) рассмотрели изменение содержания $C_{орг}$ в породах различного состава и суммарное количество углеводов в осадочном комплексе континентального сектора Земли. Для характеристики содержания того или иного компонента (химического элемента, соединения) в различных типах пород Н. Б. Вассоевич предлагает ввести показатель под названием субкларк. Субкларки $C_{орг}$ следующие (в %): глинистые породы — 0,9, алевритовые — 0,45, песчаные — 0,2, карбонатные — 0,2, соли и сульфаты — 0,1, угли — 67, горючие сланцы — 16,5.

Для более точных подсчетов необходимо учитывать изменения в изначальном содержании ОВ в осадочных породах с течением геологического времени, а также вторичные, катагенетические, изменения, «ведущие к таянию» общей массы ОВ и к различного рода новообразованиям». Для целей нашего анализа важно подчеркнуть, что Н. Б. Вассоевич предлагает ввести следующие ориентировочные поправочные коэффициенты (множители) для уточнения субкларков $C_{орг}$ для пород разного возраста, находящихся на одной и той же ступени катагенеза (табл. 13).

Таблица 13

Поправочные коэффициенты для уточнения содержания $C_{орг}$ в породах различного возраста

Породы	Протерозой	Палеозой	Мезозой	Кайнозой
Глины	0,5	0,75	1	1,5
Карбонатные	0,25	0,5	1	1,75

Во всем объеме осадочных пород континентального сектора стратисферы $(115 \div 120) \cdot 10^{16}$ т содержится $72 \cdot 10^{14}$ т органического углерода, а общая масса углеводов (твердых и жидких, автотонных) достигает $18 \cdot 10^{15}$ т.

В докладе на XXIV сессии МГК Н. Б. Вассоевич и др. (1972) приводят сведения о запасах нефти и газа. Геологические запасы нефти во всех нефтегазоносных осадочных бассейнах мира ориентировочно оцениваются в $2 \cdot 10^{12}$ т, газа — $1,5 \cdot 10^{15}$ м³.

В. Е. Хаин и др. (1971) подсчитали объем осадочного выполнения мирового океана ($2,77 \cdot 10^8 \text{ км}^3$) и оценили количество углеводородов в океаническом секторе Земли в $2,6 \cdot 10^{12}$ т условного топлива, общие запасы углеводородов земного шара ориентировочно ими оценены в $(3,8 \div 4,3) \cdot 10^{12}$ т.

Для изучения распределения углеводородов во времени, очевидно, невозможно оценить сумму геологических запасов и рассеянных углеводородов в различных стратиграфических комплексах. Имеющиеся данные по учетным запасам показывают, что они составляют ориентировочно $n \cdot 10^{11}$ т условного топлива, т. е. количество аккумулированных в месторождениях углеводородов всего в 10 раз меньше геологических запасов. Так как при подсчете суммарных запасов приходится оперировать громадным количеством разрозненных данных, следует полагать, что случайная выборка в количестве 10% всей массовой информации является вполне представительной. Этот вывод согласуется с практикой поисково-разведочных работ, которая убедительно показывает, что стратиграфические комплексы, содержащие более высокие концентрации рассеянных УВ, как правило, имеют и более значительные запасы углеводородов в месторождениях (при прочих равных условиях). Это свидетельствует о правомочности использования такого параметра, как учетные запасы нефти и газа, при анализе распределения УВ в фанерозойских осадочных комплексах, в том числе для установления этапов максимального и минимального уровней нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции, т. е. для установления цикличности этих процессов в течение последних 570 млн. лет геологической истории Земли.

Таким образом, имеющаяся информация о ходе биологической эволюции в фанерозое, о накоплении органического вещества в осадочных отложениях и о соотношении геологических и учетных запасов нефти и газа позволяет сделать следующие выводы.

1. Объем биомассы и ее продуктивность на Земле в течение венда — фанерозоя обнаруживают несомненную тенденцию к наращиванию с уменьшением возраста в связи с постепенным захватом биомом все новых сред обитания. Поэтому направленное увеличение от венда к неогену масштабов накопления ОВ выступает как общая характеристика фанерозойского развития. Масштабы современной биопродуктивности непредставительны для экстраполяции на фанерозой в связи с аномальным характером современного климата.

2. Цикличность нефтегазообразования в фанерозое, если она существует, должна выступать, исходя из указанной закономерности развития биосферы, как некоторый периодический процесс, накладывающийся на общую тенденцию повышения масштабов биопродуктивности от палеозоя к мезозою и далее к кайнозою.

3. Учетные запасы нефти и газа составляют значительную долю геологических запасов и определены по материалам изучения нефтегазоносных и перспективных бассейнов всех материков пре-

имущественно до глубин 5—7 км. По статистическому распределению учтенных запасов возможна в первом приближении оценка геологических запасов.

§ 3. ВЫДЕЛЕНИЕ ФАНЕРОЗОЙСКИХ МЕГАЦИКЛОВ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

Месторождения нефти и газа распространены неравномерно в различных стратиграфических комплексах фанерозоя и обнаружены в отложениях от кембрия до неогена.

В настоящее время достаточно подробно изучены месторождения нефти и газа большинства нефтегазоносных осадочных бассейнов. Насчитывается приблизительно 300 таких бассейнов, не считая незначительные по размерам бассейны межгорного типа.

Для каждого изученного бассейна выявлены его тектоническая природа (выделяются бассейны внутриплатформенные, внутрискладчатые, передовых прогибов, внутриокеанические, периокеанические) и стратиграфический диапазон нефтегазоносности. Если особенности распределения углеводородов в различных регионах земного шара изучены достаточно подробно, за исключением, может быть, внутриокеанических зон, исследование которых только начинается, то закономерности вертикальной зональности в распределении скопленных нефти и газа по стратиграфическим комплексам, выделение этапов максимальной и минимальной генерации и аккумуляции углеводородов в масштабе всей Земли исследованы относительно слабо.

При исследованиях вертикальной зональности основное внимание уделяется особенностям изменения по вертикали состава углеводородов. Лишь в единичных работах приводятся данные о распределении нефтегазонакопления по отдельным стратиграфическим комплексам отложений.

Для характеристики распределения запасов нефти и газа по стратиграфическим комплексам нами были подсчитаны относительные доли и построены кривые распределения запасов нефти и газа (рис. 45).

На рис. 45 отчетливо выделяются мегациклы нефтегазонакопления для территории СССР с максимумами в среднем девоне — нижнем карбоне и в юре — мелу и минимумами нефтегазонакопления в отложениях палеоцена, триаса и силура — ордовика. Менее выраженный максимум намечается в отложениях миоцена. Остается неясным, отображает этот экстремум начало нового мегацикла нефтегазонакопления или он обусловлен высоким уровнем изученности неогеновых отложений. Острровершинность мелового максимума объясняется главным образом Западно-Сибирскими газовыми месторождениями. Весьма возможно, что изучение этого района на большие глубины повысит долю юрско-нижнемеловых месторождений.

Относительные значения запасов нефти и газа в доюрских отложениях СССР являются хорошо изученными. Перспективы новых

открытий также связываются преимущественно с отложениями девона и карбона. Следует отметить, однако, что имеются перспективы заметного увеличения запасов кембрийских и вендских отложений на Сибирской и Восточно-Европейской древних платформах. Возможно, с этими отложениями связан относительный максимум нефтегазонакопления, фиксирующий новый мегацикл.

Обращает на себя внимание повышение контрастности максимумов нефтегазоносности по мере уменьшения возраста в каждом из глобальных циклов. В верхнемеловом комплексе сосредоточено 28% запасов, что в 100 раз больше запасов следующего за ним палеоценового комплекса и в 30—50 раз больше запасов триасового.

Среднепалеозойский мегацикл на графике рис. 45 имеет более плосковершинный максимум: в среднем — верхнем девоне и нижнем карбоне сосредоточено примерно по равной доле запасов, 10 и 12% соответственно, что лишь в 3—10 раз превышает запасы перекрывающих и подстилающих отложений.

С целью изучения цикличности нефтегазонакопления в масштабе всей планеты мы использовали данные о распределении запасов нефти и газа месторождений-гигантов зарубежных стран, в которых сосредоточено более 75% нефти и 40% газа этих стран. Такие материалы также могут охарактеризовать распределение запасов углеводородов по стратиграфическим комплексам. Запасы углеводородов группируются в два явно выраженных глобальных мегацикла с экстремумами в девонско-нижнепермских отложениях (5,5% нефти и 31,1% газа) и в юрско-меловых отложениях (83% нефти и 50% газа).

Кривая запасов нефти и газа по Северо-Американской платформе по-видимому, является наиболее представительной из всех региональных характеристик распределения запасов по стратиграфическим комплексам, так как этот регион отличается наиболее высокой степенью изученности как по плотности бурения, так и по глубине. Заметное изменение распределения запасов по стратиграфическим комплексам в процессе дальнейшего изучения региона здесь крайне маловероятно.

Кривая общемировых запасов условного топлива отображает данные по нескольким тысячам месторождений (включая все известные на 1971—1972 гг. крупные и крупнейшие) из всех нефтегазоносных бассейнов суши, в которых сконцентрировано более 200 млрд. т условного топлива. Эта кривая является наиболее представительной дежурной (на начало 70-х годов) характеристикой статистического общемирового распределения запасов по стратиграфическим комплексам.

Рассматривая кривые на рис. 45, легко увидеть, что все они обладают рядом общих особенностей. В первую очередь обращает на себя внимание многовершинность кривых распределения. Повсеместно отмечается несколько максимумов и минимумов запасов нефти и газа, причем максимумы приурочены к миоцену-плиоцену, юре и мелу, перми — среднему девону, ордовика — кембрию, а минимумы — к палеоцену, поздней перми — триасу, раннему девону — силуру. Это позволяет выделить, согласно данному выше опре-

делению, четыре глобальных цикла (мегацикла) нефтегазообразования: раннепалеозойский, средне-позднепалеозойский, мезозойский и кайнозойский.

1. Раннепалеозойский мегацикл наиболее представителью охарактеризован на Северо-Американской платформе, где с ним связано 11,1% запасов нефти и газа. В общемировом распределении запасов роль этого мегацикла сравнительно невелика (около 4%). По-видимому, продолжительность мегацикла (минимумы в среднем кембрии и позднем силуре, максимумы в позднем кембрии и ордовике) около 130 млн. лет.

2. Средне-позднепалеозойский мегацикл выразительно проявлен на кривых распределения по Северо-Американской платформе (около 48% запасов), по территории СССР (около 25% запасов), с ним связана большая часть запасов газа в крупнейших зарубежных месторождениях, а также около 10% общемировых суммарных запасов нефти и газа. Продолжительность мегацикла (минимумы в раннем девоне и поздней перми — триасе и максимумы в карбоне) около 180 млрд. лет.

3. Мезозойский мегацикл отчетливо выражен на всех кривых распределения. С ним связано 14% запасов нефти и газа Северо-Американской платформы, более 50% запасов по территории СССР, более 50% запасов нефти зарубежных стран, свыше 50% общемировых запасов условного топлива. Продолжительность мегацикла (минимумы в триасе и в палеоцене, максимум в мелу) около 140 млн. лет.

4. Кайнозойский мегацикл также убедительно намечается на всех кривых распределения запасов нефти и газа. С ним связано более 26% запасов на Северо-Американской платформе, более 10% запасов на территории СССР, более 25% запасов нефти зарубежных стран и около четверти общемировых запасов условного топлива. Этот мегацикл, вероятно, не может считаться завершенным, его неполная продолжительность (от минимума в палеоцене с максимумом в миоцене) составляет 70 млн. лет.

Минимум нефтегазоносности в отложениях неогена, несомненно, обусловлен не только специфическим обеднением отложений этого периода органическим веществом, но также неполным созреванием его для генерации нефти и газа и значительным рассеянием его в атмосферу. Поэтому длительность кайнозойского мегацикла не должна рассматриваться как величина достоверная, ее не следует сопоставлять с продолжительностью более древних, завершенных циклов.

Таким образом, полная продолжительность каждого из мегациклов нефтегазообразования может быть оценена в 140—180 млн. лет.

Следует отметить вторую важную черту графиков распределения запасов нефти и газа по стратиграфическим комплексам: наблюдается общая тенденция увеличения запасов и повышения контрастности экстремумов вверх по разрезу. При этом контрастность нефтегазообразования в смежных секциях разреза нередко весьма значительна. Наиболее представительный по дифференцированности

материал по территории СССР показывает, что с верхним мелом связано 28% запасов, с нижним мелом 14%, с верхнеюрскими отложениями 11%, с триасовыми отложениями 1%, с палеоценом — 0,28%. Геохимические данные со всей определенностью свидетельствуют о том, что каждый из названных комплексов отличается специфическим источником органических веществ, количества запасов нефти и газа в них различаются до 100 раз.

Материалы по распределению запасов нефти и газа на Северо-Американской платформе также свидетельствуют о закономерных изменениях запасов горючих углеводородов в отложениях смежных периодов в 10 раз и более, что несомненно, отображает определенную цикличность генерации углеводородов.

Особо благоприятные условия нефтегазообразования, нефтегазонакопления и сохранения залежей от разрушения существуют в мезозойских отложениях. Эти отложения накопились в зонах повышенных тепловых потоков как на молодых плитах (Западно-Сибирской, Туранской и др.), так и на периферии океанов (Атлантического, Индийского и др.), а дальнейшее погружение этих регионов создало условия, благоприятные не только для нефтегазообразования и нефтегазонакопления, но и для сохранения залежей от разрушения. Вот почему масштабы нефтегазонакопления мезозойских отложений как на молодых платформах, так и в заливах окраинных частей Атлантического океана, довольно высокие.

Малая контрастность раннепалеозойского мегацикла нефтегазообразования, несомненно, обусловлена, по меньшей мере, двумя причинами: 1) общим уменьшением биомассы вниз по разрезу; 2) более слабой изученностью нефтегазонакопления раннепалеозойских отложений, которые обычно залегают на больших глубинах. Поэтому несмотря на слабую контрастность само выделение раннепалеозойского мегацикла нефтегазонакопления имеет принципиальное значение. С отложениями этого возраста могут быть связаны значительные ресурсы углеводородов.

Наличие крупных месторождений в Северной Африке, в кембрийских отложениях Северной Америки позволяет прогнозировать возможность новых крупных открытий в нижнепалеозойских отложениях, особенно на платформах лавразийской группы и в Арктике.

Нефти четырех мегациклов отличаются по составу и свойствам. По усредненным данным В. А. Успенского и О. А. Радченко (1947), плотность нефтей кайнозойского, мезозойского и палеозойского комплексов составляет соответственно 0,886, 0,875 и 0,842 г/см³, выход бензиновых фракций — соответственно 19, 21 и 26%, а содержание твердого парафина — соответственно 1,9, 3,1 и 4,1%.

Содержание серы в нефтях разных мегациклов неодинаковое. Нижнепалеозойские нефти в целом малосернистые, они сменяются более сернистыми средне-верхнепалеозойскими нефтями, а те в свою очередь уступают место более низкосернистым мезозойским нефтям. Кайнозойские нефти характеризуются разнообразием в содержании серы.

Нефти разных мегациклов характеризуются неодинаковой оптической активностью. Так, нефти кайнозойского мегацикла имеют более высокую оптическую активность — $+0,63^\circ$, мезозойского — от $+0,28$ до $+0,20^\circ$, средне-позднепалеозойского — от $+0,24^\circ$ до $+0,18^\circ$, нижнепалеозойские нефти характеризуются самой низкой активностью — $+0,12^\circ$ (А. Ф. Добрянский, 1961). А. Ф. Добрянский отмечал различия и в углеводородном составе кайнозойских, мезозойских и палеозойских нефтей. Так, нефти кайнозойских отложений по усредненным данным характеризуются наиболее низким содержанием метановых углеводородов, самым высоким содержанием нафтеновых и ароматических (соответственно 26, 52 и 22%); нефти мезозойские имеют иной состав (метановые — 37%, нафтеновые — 50% и ароматические — 13%), они характеризуются самым низким содержанием ароматических углеводородов.

Нефти средне-позднепалеозойского возраста (высокосернистые нефти) отличаются одинаковым содержанием нафтеновых и ароматических углеводородов (метановые — 44%, нафтеновые — 28% и ароматические — 28%). Для нижнепалеозойских нефтей характерной чертой является самое высокое содержание метановых углеводородов — 56% (нафтеновые — 28%, и ароматические — 16%).

Отмечаются и более тонкие различия нефтей разных мегациклов.

Так, для кайнозойских нефтей характерно резкое преобладание изомерных парафинов над нормальными (25 и 9%), для мезозойских и палеозойских нефтей их содержания близки — соответственно 30 и 34% и 32 и 36%. (В. А. Соколов и др., 1972, стр. 97).

По данным В. А. Соколова с соавторами (1972) нефти отличаются по величине отношения метилпентанов к диметилбутанам. Так, для нефтей кайнозойского возраста величина этого отношения равна 2,9, для нефтей мезозойских — 3,2—4,6, средне-позднепалеозойских — 7—9,3 и нижнепалеозойских — 10,1.

Обобщение данных по порфиринам в нефтях Советского Союза показало наличие четких различий в их составе и содержании. Так, нефти нижнепалеозойского мегацикла почти не содержат порфиринов, для нефтей средне-верхнепалеозойского мегацикла характерна величина отношения ванадиевых порфиринов к никелевым 15—26, для мезозойского мегацикла — 1,1—1,9, для кайнозойского — 0,35—0,51.

Наличие четырех мегациклов нефтеобразования — раннепалеозойского, средне-позднепалеозойского, мезозойского и кайнозойского — находит подтверждение в изотопном составе серы нефтей, в ступенчатом характере его изменения. В начале каждого мегацикла нефти обогащены тяжелой серой, а в конце — относительно обеднены $\delta^{34}\text{S}$.

По сравнению с более древним следующий за ним относительно молодой мегацикл, хотя и включает нефти, обогащенные тяжелой серой, но это обогащение меньше, чем в предыдущем мегацикле, оно как бы начинается на новом уровне: можно говорить об относительном обогащении легкой серой нефтей от более древних к более молодым мегациклам.

Так, в протерозойских (вендских) нефтях значение $\delta^{34}\text{S}$ составляет $+15,2^0/_{00}$, в нефтях нижнего палеозоя изотопный состав серы изменяется следующим образом: в кембрийских $+19,5$, в ордовикских $+8,5$, в силурийских $+7,1^0/_{00}$; в нефтях среднего — верхнего палеозоя: в девонских $+10,4$, в каменноугольных $+3,3$, в пермских $1,8^0/_{00}$; в нефтях мезозоя: в триасовых $+6,2$, в юрских $-4,4$, в меловых $-1,4^0/_{00}$; в третичных нефтях $5,2^0/_{00}$.

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы.

1. Установлена отчетливая цикличность глобального нефтегазонакопления, которая имеет низкочастотный характер с периодом 140—180 млн. лет. Полученные данные не позволяют наметить общепланетарную среднечастотную цикличность нефтегазообразования, хотя для отдельных регионов цикличность нефтегазообразования с периодом в десятки миллионов лет выделяется надежно.

2. Наибольшая интенсивность экстремума нефтегазообразования связана с мезозойскими отложениями.

3. Установленная цикличность глобального нефтегазообразования намечается на фоне общего усиления этого процесса от раннего палеозоя к кайнозю, что согласуется с общим повышением продуктивности биосферы в этом интервале времени.

§ 4. ЦИКЛИЧНОСТЬ ОСАДКОАКОПЛЕНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ НАИБОЛЕЕ ИЗУЧЕННЫХ ПЛАТФОРМЕННЫХ РАЙОНОВ СССР

Залежи нефти и газа в СССР установлены по всему разрезу фанерозоя от кембрия до плиоцена.

Выявление всех мегациклов нефтегазоносности возможно только для Земли в целом или для континента. Практически ни в одном из типов континентальных структур, ни в одном из крупных регионов мира не установлена нефтегазоносность, отвечающая всем мегациклам (кроме единичного спорного случая — в Скалистых горах в Северной Америке).

На древних платформах залежи нефти и газа приурочены преимущественно к отложениям палеозоя и мезозоя (Восточно-Европейская, Сибирская, Северо-Американская, Африканская, Аравийская, Австралийская платформы).

На молодых платформах залежи нефти и газа связаны преимущественно с позднепалеозойскими, мезозойскими и палеогеновыми отложениями (Западно-Сибирская, Туранская, Североморская, Скифская плиты). В альпийских складчатых областях и эпиплатформенных межгорных впадинах нефтегазоносны отложения от позднего мезозоя до неогена. Тем самым намечается определенная обусловленность нефтегазоносности от возраста консолидации фундамента.

В конкретных нефтегазоносных бассейнах, принадлежащих к какому-либо из типов указанных надпорядковых тектонических областей, нефтегазоносность, однако, сосредоточена преимущественно в более узком стратиграфическом диапазоне и связана с наиболее мощными осадочными комплексами фанерозоя. Ни один из крупных

нефтегазоносных бассейнов не испытывал длительных устойчивых значительных прогибаний свыше 150—200 млн. лет. Поэтому в каждом конкретном регионе и нефтегазоносном бассейне нельзя выявить общеземную мегацикличность нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Если в надпорядковых системах тектонических областей можно выявить обычно признаки двух-трех мегациклов фанерозойского нефтегазонакопления, то в отдельных бассейнах наблюдаются проявления лишь одного, реже двух мегациклов нефтегазонакопления.

Указанное явление, очевидно, связано только с особенностями режима осадконакопления. Каждый осадочный бассейн испытывает значительное прогибание определенный интервал времени, по истечении которого дальнейшее осадконакопление происходит вяло или прекращается. Как показал выполненный Н. А. Беляевским (1974) анализ мощности осадочного чехла платформ СССР, на всех плитах отмечены близкие значения средних мощностей чехла, варьирующие от 3,5 до 4,0 км (Русская плита — 4 км, плиты Сибирской платформы — 3,8 км, Западно-Сибирская плита — 3,5 км, Туранская плита — 3,6 км, Скифская плита — 4 км). Приведенные данные свидетельствуют о том, что тектонический эндогенный механизм, контролирующий развитие плит платформ, имеет определенный ограниченный диапазон действия, характеризуемый средней величиной вертикальных колебаний до 4 км.

Значительно большие вертикальные колебания отдельных осадочных бассейнов и окраинных морей происходят в основном в течение небольших интервалов геологического времени и приурочены к зонам специфического строения земной коры.

С позиции связи цикличности осадконакопления и нефтегазоносности важно подчеркнуть, что прогибание и осадконакопление в разных осадочных бассейнах происходят не строго синхронно, в связи с чем региональная цикличность осадконакопления и региональные циклы нефтегазонакопления средней частоты в каждом бассейне имеют свои специфические особенности.

Вместе с тем в различных осадочных бассейнах (особенно принадлежащих одной надпорядковой категории тектонических структур) региональные циклы нефтегазообразования, которые по времени относятся к тому или иному глобальному мегациклу нефтегазонакопления, характеризуются рядом общих черт. Специфика мегациклов нефтегазообразования обусловлена изменениями в развитии биосферы и значительным сокращением осадконакопления в конце мегациклов. Нижнепалеозойский мегацикл отличается развитием только морского биоса, а к его завершению приурочено сокращение масштабов осадконакопления в позднем силуре — раннем девоне. Средне-позднепалеозойский мегацикл характеризуется широким развитием наземной флоры, а к концу его отмечаются великое засоление и сокращение продуктивности засоленных бассейнов в поздней перми, а также глобальный минимум осадконакопления в триасе.

Мезозойский мегацикл характеризуется общим расцветом наземной и морской фауны и флоры в условиях благоприятного

слабоизменчивого климатического режима, в конце мелового периода и в палеоцене происходит заметное сокращение масштабов осадконакопления. Особенности кайнозойского мегацикла, еще не завершенного, не могут считаться полностью выясненными.

Раннепалеозойский мегацикл нефтегазообразования и нефтегазонакопления отличается преобладанием нефти и подчиненным количеством газа, в котором доминируют жирные компоненты. Из трех основных источников газа (гумусовое ОВ, угли и термолит нефти и сапропелитов) в этом цикле доминирует газообразование за счет гумусово-сапропелевого вещества.

Нефти раннепалеозойского мегацикла преимущественно парафинистые, малосернистые (до 0,5%) и почти не содержат порфиринов.

Средне-позднепалеозойский мегацикл нефтегазонакопления отличается сочетанием накопления газа и парафинистых нефтей с содержанием серы до 1,5% и с относительно высоким содержанием порфиринов.

Мезозойский мегацикл характеризуется преобладанием нефтей парафино-ароматического состава, а нефти кайнозойского мегацикла нафтено-ароматические.

Предварительные данные исследований показывают, что нефти мегацикла отличаются по изотопному составу серы, углерода и водорода.

Проблемы связи между региональными закономерностями нефтегазонакопления и осадконакоплением в конкретных нефтегазоносных бассейнах лишь начинают изучаться. Наиболее разносторонне такая связь исследована для Западно-Сибирской плиты в монографической работе Ю. Н. Карагодина (1974). Главным критерием выделения циклов осадконакопления в этой работе приняты площади, занимаемые сушей и морем в процессе осадконакопления. По относительной роли этих площадей выделяются трансгрессии и регрессии, с которыми сопоставляется распределение запасов нефти и газа.

Нами выполнен сходный анализ по другим хорошо изученным платформенным регионам СССР (рис. 46).

С целью изучения закономерностей распределения масштабов нефтегазонакопления в отложениях чехла на молодых и древних платформах СССР оценивались изменения в пределах платформ площади морского осадконакопления и концентрации промышленных и прогнозных запасов в различных стратиграфических комплексах.

В качестве основы для расчета площади морского осадконакопления использованы атласы палеогеографических карт, составленные во ВНИГНИ для Скифской плиты под редакцией М. С. Бурштара, для Туранской плиты под редакцией Г. Х. Дикенштейна, для Волго-Уральской провинции под редакцией Г. А. Каледы.

Для отдельных отрезков геологической истории полученные результаты сопоставлены с палеогеографическим атласом, выпущенным под редакцией А. П. Виноградова (1968), по картам которого подсчитаны площади морского осадконакопления для отдельных веков поздней юры и раннего мела.

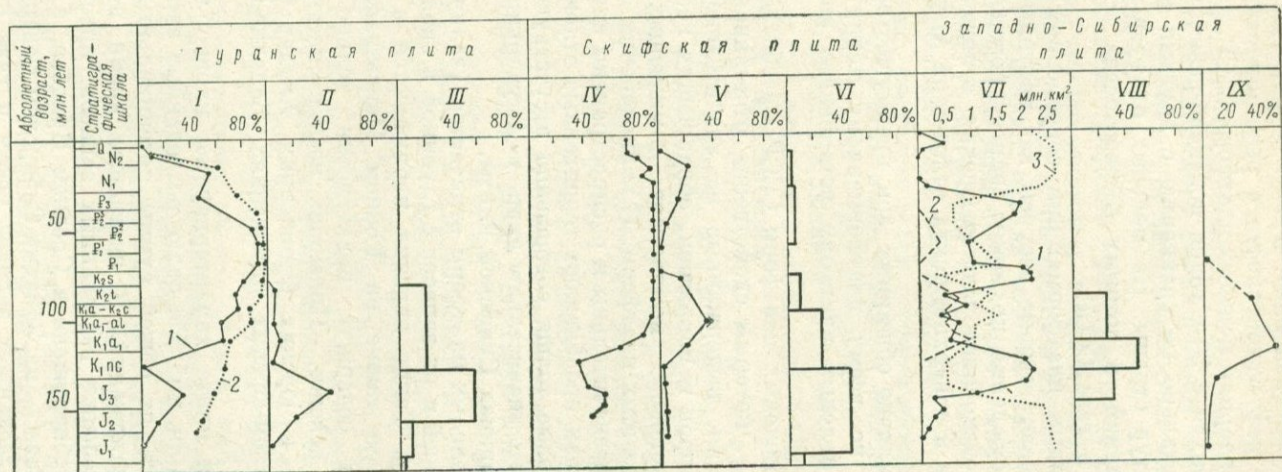


Рис. 46. Закономерности изменения площади моря и концентраций запасов в мезозое и кайнозое на молодых платформах СССР

Туранская плита. I — изменение площади моря; 1 — морское осадконакопление, 2 — суммарно морские и прибрежно-морские отложения; II — распределение категориальных запасов; III — распределение прогнозных запасов.

Скифская плита. IV — изменение площади моря; V — распределение категориальных запасов; VI — распределение прогнозных запасов.

Западно-Сибирская плита (по Ю. Н. Карагодину, 1974). VII — изменение площади моря и суши; 1 — море, 2 — прибрежно-морские условия, 3 — суша; VIII — распределение прогнозных запасов; IX — распределение категориальных запасов

В результате сопоставления установлена почти полная идентичность в определениях различными авторами площади моря в пределах Скифской и Туранской плит. Таким образом, самая полная информация о связи нефтегазоносности с режимом осадконакопления получена по территориям молодых платформ СССР, которые в результате развернувшихся с 50-х годов поисково-разведочных работ изучены наиболее детально по сравнению с другими категориями тектонических структур страны. На молодых платформах открыто более 400 месторождений, в которых сосредоточена значительная доля запасов нефти и газа СССР.

В целом на молодых платформах при современном уровне их изученности преобладают газовые ресурсы над нефтяными. Однако для окончательного суждения по этому вопросу решающее значение будет иметь опосредованное неоконечное юрских отложений Западно-Сибирского Севера и доверхнеюрских отложений Амударьинской синеклизы.

В то же время наличие обширных зон преимущественно нефтели газонакопления по всему платформенному чехлу в хорошо изученных районах молодых платформ установлено вполне достоверно.

В составе чехла молодых платформ СССР преобладают юрские и меловые отложения, которым свойственна отчетливая литологическая дифференциация, выдержанные на значительной площади соотношения коллекторов и покрышек, образующих несколько региональных нефтегазоносных комплексов, вмещающих основные ресурсы углеводородов этих платформ. В кайнозойских отложениях запасы нефти и газа незначительны и распространены спорадически. На молодых платформах преобладают терригенные отложения, карбонатные и эвапоритовые толщи совершенно отсутствуют в Западной Сибири и развиты значительно лишь в Амударьинской синеклизе и в южных впадинах Скифской плиты.

В ряде районов молодых платформ отмечается увеличение количества нефтяных залежей и их запасов с глубиной и вниз по стратиграфическому разрезу. Такие явления наблюдаются в Восточном Предкавказье; здесь, а также на Южном Мангышлаке доверхнеюрские отложения содержат практически только нефтяные и газоконденсатные залежи. Признаки нефтеносности и газоносности получены и в юрских отложениях Амударьинской синеклизы, и в неоконечных юрских отложениях Западно-Сибирского Севера.

Западно-Сибирская плита характеризуется площадью перспективных земель в 1,8 млн. км². На долю разведанных запасов здесь приходится более 30% от общей суммы потенциальных ресурсов юрскопалеогеновых отложений. В настоящее время наблюдается районированное размещение разведанных запасов: преобладающая часть запасов нефти обнаружена в Среднем Приобье, а доминирующая часть запасов газа — на Западно-Сибирском Севере. В то же время размещение разведанных запасов нефти и газа подчиняется и определенной поэтажной закономерности. Основные запасы нефти

разведаны в юрских и особенно в неокомских отложениях, а газа — в толщах сеномана.

Многие исследователи (А. А. Трофимук, И. И. Нестеров, Ф. К. Салманов, М. Я. Рудкевич, Ю. Н. Карагодин, А. Э. Конторович и др.) приводят вполне убедительные геологические и геохимические доказательства независимого формирования неоком-юрского и апт-сеноманского региональных нефтегазоносных комплексов Западно-Сибирской плиты.

Сопоставление графиков трансгрессии и распределения запасов показывает, что палеогеновая, позднемеловая и верхнеюрско-валанжинская трансгрессии на территории Западной Сибири по размаху были очень близкими, однако основные категорийные и прогнозныe запасы региона связаны с ОВ только самой ранней верхнеюрско-валанжинской трансгрессии и последующей за ней неоком-сеноманской регрессии. Следовательно, далеко не каждый цикл осадконакопления сопровождается промышленным нефтегазообразованием. При указанных выше пределах платформенного прогибания благоприятные условия для погружения и интервал температур и глубин, отвечающий главной зоне нефтегазообразования, возникают только для осадочных отложений и ОВ самого раннего цикла платформенной седиментации.

Как показали исследования Е. М. Максимова и М. Я. Рудкевича, в Западной Сибири, как и в других нефтегазоносных бассейнах, хорошо прослеживаются основные положения учений о нефти И. М. Губкина и И. О. Брода. Здесь установлено нефтеобразование только в тех толщах, которые испытывали быстрое погружение (30 м за 1 млн. лет и более). При этом любопытно, что неоком-сеноманская регрессия, столь выразительная на графике Ю. Н. Карагодина (рис. 47), не захватила основные нефтегазоносные области Среднего Приобья и Надым-Тазовского междуречья, которые продолжали в течение неокома — сеномана энергично прогибаться. Скорость прогибания и осадконакопления главных нефтегазоносных областей в неокоме — сеномане была даже выше, чем в поздней юре, и соизмерима со скоростью в берриасе — валанжине. Любопытно, что максимум скорости прогибания (95—110 м за 1 млн. лет) приурочен ко второй половине апта, т. е. к середине общезападносибирской регрессии. Именно аптский флюидоупор выступает в роли главного регионального экрана для нефтяных комплексов Среднего Приобья.

Площадь перспективных земель платформенного чехла Туранской плиты составляет около 0,7 млн. км². Здесь открыто более 100 месторождений в юрско-палеогеновых отложениях, из которых большинство являются газовыми. При современном уровне изученности нефтяные месторождения преобладают в западной части Туранской плиты, тяготеющей к Каспийскому морю (Мангышлак, Бузачи), а газовые месторождения — в ее центральной и восточной частях; наибольшее количество газовых месторождений связано с Амударьинской синеклизой и ее периферией.

Стратиграфическая специализация разведанных запасов нефти и газа на Туранской плите явно не выражена; в западной части

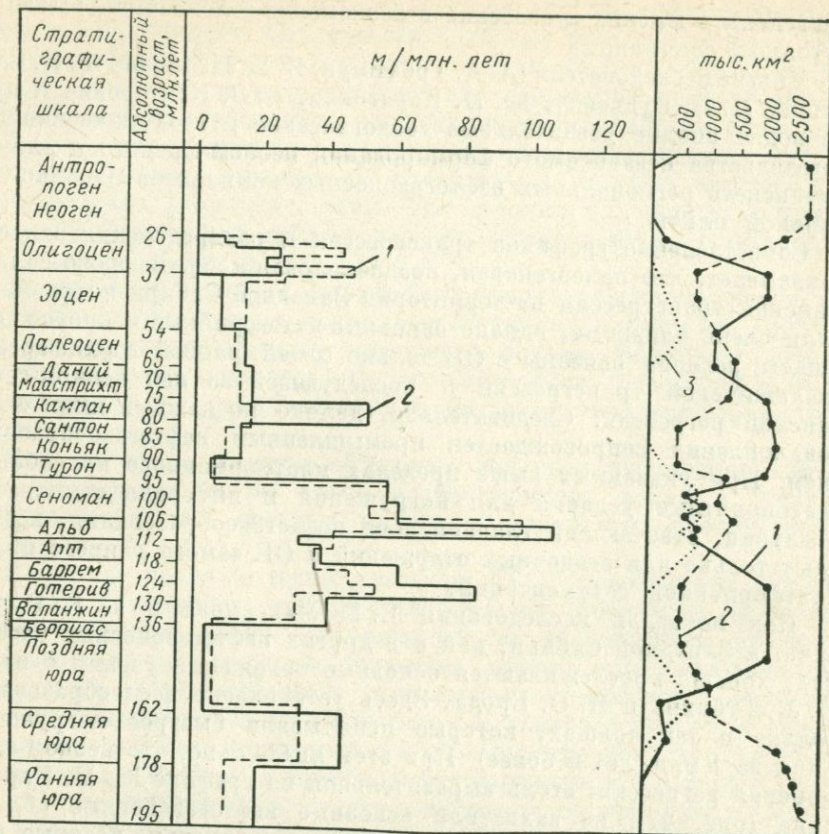


Рис. 47. Сопоставление скорости прогибания и развития трансгрессий на Запдно-Сибирской плите

Средняя скорость прогибания (по М. Я. Рудкевичу, 1974): 1 — Среднее Приобье, 2 — Надым-Тазовское междуречье; площади морских и континентальных отложений (по Ю. Н. Карагудину, 1974): 1 — морские, 2 — прибрежно-морские, 3 — равнинные

нефтеносны юрские и нижнемеловые отложения, а в Амударьинской синеклизе резко преобладают газоносность верхнеюрско-сеноманских комплексов. Разведанные запасы нефти и газа на Туранской плите составляют 35% от общей суммы потенциальных ресурсов этих отложений.

Нефтегазовмещающими комплексами на Туранской плите являются юрский терригенно-карбонатный, нижнемеловой и альб-сеноманский терригенные, а региональными экранами служат верхнеюрская галогенно-глинистая, верхнеаптская и турон-палеоценовая глинистые толщи. Подчиненное значение имеет эоценовый газоносный комплекс.

Распределение категорийных и прогнозных запасов углеводородов на Туранской плите отчетливо отображает их последовательное уменьшение вверх по разрезу. Наиболее крупные категорийные за-

пасы нефти и газа приурочены к юрскому нефтегазоносному комплексу, с этим комплексом связана также доминирующая доля прогнозных запасов (см. рис. 46). Нижнемеловой, а особенно более молодые комплексы характеризуются небольшими ресурсами углеводородов.

Перспективные земли Скифской плиты занимают 0,25 млн. км². Эта плита является одной из наиболее разведанных геологических провинций страны до глубин 5 км. Разведанные запасы нефти и газа здесь составляют около 60% от общей суммы потенциальных ресурсов углеводородов в юрско-палеогеновых отложениях. Здесь отмечается тяготение нефтеперспективных земель к восточной (прикаспийской) половине Предкавказья, а газоносных земель — к Центральному, Западному Предкавказью и Степному Крыму. В разных районах Скифской плиты выделяется несколько нефтегазоносных комплексов, важнейшее значение из которых имеют ниже-среднеюрский, нижнемеловой, турон-кампанский (развит только в Терско-Кумском прогибе) и палеоцен-эоценовый.

Если самостоятельность меловых нефтегазоносных комплексов Туранской плиты нередко оспаривается, то независимость и неоднократность нефтегазообразования в различных комплексах платформенного чехла Скифской плиты доказана работами Т. А. Ботневой, М. С. Бурштара, А. Д. Бизнигаева и принимается всеми исследователями.

Графики изменения площади моря (см. рис. 46) в мезозое — кайнозое показывают, что обе молодые плиты Юга СССР развивались по единому плану: трансгрессии фиксируются в средней — поздней юре и в мел-палеогеновый период, отмечается кратковременная регрессия в неокоме, а с конца олигоцена начинается длительная регрессия, которая продолжает развиваться и в настоящее время.

В отличие от Западно-Сибирской на молодых платформах Юга СССР юрская трансгрессия началась несколько раньше и сменилась регрессией в самом конце юры — неокоме; не проявлялись регрессии в апт-альбской век и в конце позднего мела — раннем палеогене, когда на территории Западно-Сибирской плиты площадь моря сократилась соответственно в 4 и 2 раза.

При общем генеральном сходстве режима прогибаний молодых плит СССР с наибольшим осадконакоплением в юре — палеогене отмеченные отличия носят отнюдь не частный характер, а отражают более позднее вовлечение в прогибание Западно-Сибирской плиты, относительно раннее начало здесь общей регрессии и более дифференцированный режим ундаций в мелу и палеогене.

Сопоставляя графики трансгрессий и регрессий на молодых плитах Юга СССР с распределением запасов, легко увидеть, что прямой связи между масштабами развития площадей морского осадконакопления и концентрацией запасов углеводородов не наблюдается. Намечается приуроченность максимумов прогнозных запасов на обеих южных плитах и максимума категорийных запасов на Туранской плите к юрской трансгрессии, масштабы которой, однако,

были не столь значительными и не приводили к погружению под уровень моря более 50—60% территории плит.

Нижнемеловой максимум нефтегазонакопления приурочен к начальным фазам самой интенсивной морской трансгрессии, а максимальное развитие трансгрессии в позднем мелу — палеоцене сопровождается относительным минимумом нефтегазонакопления. Возможно, что на Скифской плите это обусловлено кратковременной общей регрессией на рубеже мела и палеогена.

В отличие от других молодых плит СССР на Скифской плите около 30% категорийных запасов условного топлива связано с палеоген-неогеновыми отложениями. Это объясняется значительным погружением кайнозойских пород в Азово-Кубанском и Терско-Кумском передовых прогибах на границе с альпидами и не типично для остальных молодых платформ СССР.

Приведенные данные показывают, что в обычных для молодых плит условиях значительной промышленной нефтегазонасыщенностью сопровождаются отложения лишь одного-двух самых равных региональных циклов осадконакопления. Именно эта особенность строения молодых платформ явилась определяющей в формировании глобального мезозойского мегацикла нефтегазообразования.

Цикличность осадконакопления на древних платформах может быть проиллюстрирована на примере Восточно-Европейской платформы (рис. 48). Наибольший размах морских трансгрессий здесь отмечается в среднем девоне — перми и в поздней юре — мелу. Длительность обеих трансгрессий и площади, занимаемые морем, вполне соизмеримы. Однако, как известно, основные запасы углеводородов на Русской плите связаны лишь с девонско-пермскими отложениями Волго-Уральской провинции. Органическое вещество, заключенное в этих отложениях, оказалось погруженным на достаточную глубину и реализовало свой нефтегазовый потенциал. В то же время отложения юрско-мелового трансгрессивного комплекса бесперспективны, так как они маломощны и располагаются на малых глубинах.

Материалы сопоставления хода девон-пермской трансгрессии с распределением промышленных и прогнозных запасов углеводородов показывают, что запасы сравнительно равномерно распределены по отложениям трансгрессивного комплекса, обнаруживая некоторую тенденцию к концентрации в отложениях регрессивных фаз, что связано прежде всего с приуроченностью к ним терригенных коллекторов.

Обобщая материалы закономерной приуроченности промышленных концентраций нефти и газа к циклам осадконакопления платформенного чехла на регионах молодых и древних платформ СССР, необходимо сделать следующие выводы.

1. Мощность платформенного чехла в регионах молодых и древних платформ СССР, как правило, ограничена 3,5—4,0 км, что создает благоприятные условия для прохождения через главную зону нефтегазообразования значительной части платформенного чехла.

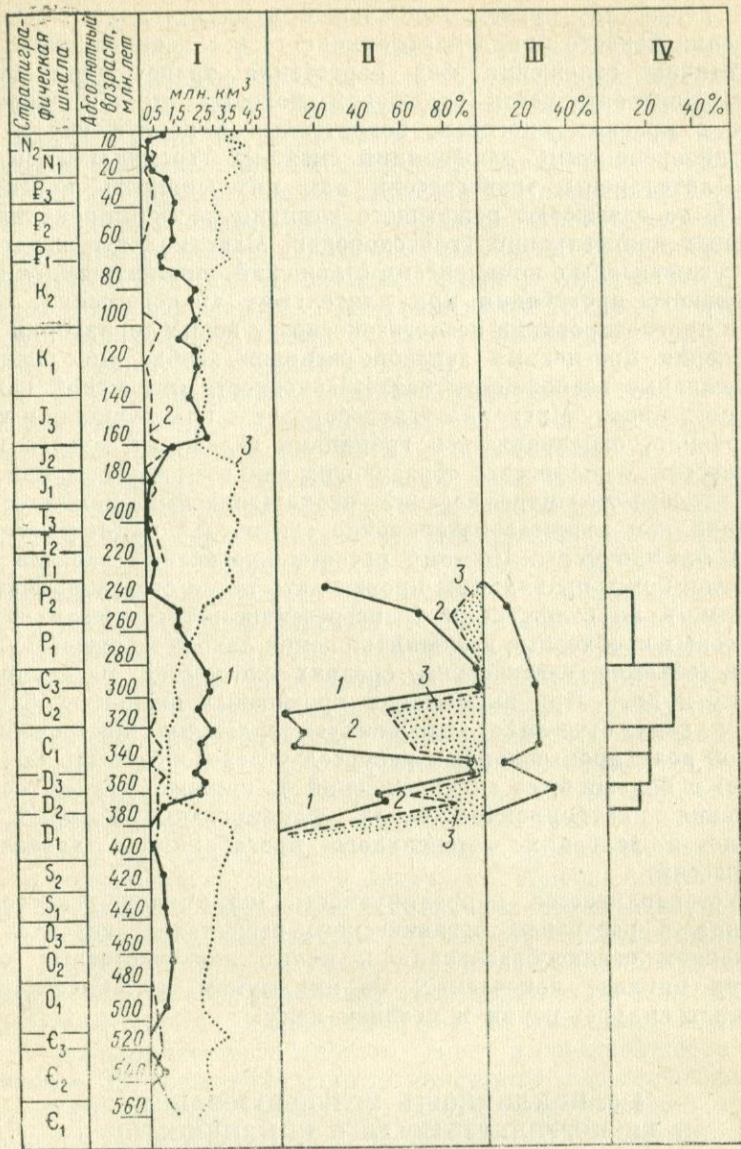


Рис. 48. Изменение площади морского осадконакопления в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и распределение запасов УВ

I — графики трансгрессий и регрессий на Восточно-Европейской платформе (по Ю. Н. Карагодину, 1974): 1 — морские, 2 — прибрежно-морские, 3 — равнинные; II — изменение площади моря в Волго-Уральской провинции: 1 — моря, 2 — прибрежно-морские условия, 3 — суша; III — распределение категориальных запасов; IV — распределение прогнозных запасов

2. В каждом из регионов отмечаются два-три цикла трансгрессий и регрессий, причем наибольшей продуктивностью обладают отложения первого цикла платформенного осадконакопления; менее продуктивны отложения фаз нарастания трансгрессий второго цикла. Перспективность отложений молодых циклов отмечается только в краевых прогибах, вовлеченных в погружение в связи с постинверсионными движениями смежных геосинклиналей.

3. Длительность трансгрессий или интенсивность прогибания поровнь не оказывают решающего влияния на формирования значительных концентраций углеводородов. Максимальные запасы нефти и газа связаны с комплексами отложений, накопившимися в ходе интенсивного прогибания при длительных трансгрессиях.

При прогнозировании нефтегазоносности новых территорий и при определении прогнозных запасов регионов необходимо оценивать потенциальные возможности нефтегазоносности отложений каждого отдельного цикла. Миграция углеводородов в платформенном чехле, как правило, ограничивается границами отложений одного цикла трансгрессий — регрессий, образующих единый ряд формаций, единый литолого-стратиграфический нефтегазоносный комплекс, содержащий как нефтегазоматеринские свиты, так и пласты-коллекторы и флюидоупоры. Поэтому расчеты прогнозных запасов представляется более правильным производить не по стратиграфическим единицам, а по отложениям трансгрессивно-регрессивных циклов, для которых необходимо выполнять оценки любым из существующих методов (объемно-генетическим, средних плотностей, на единичную ловушку и др.). При выполнении прогнозных оценок необходимо иметь в виду отчетливо выраженную тенденцию приуроченности основной доли промышленных ресурсов углеводородов (до 80—90% и более) и большинства месторождений к нижним циклам осадконакопления платформенно чехла, формирование которых происходило в условиях интенсивного прогибания и длительных трансгрессий.

4. Устанавливается коррелируемость мегациклов нефтегазообразования с развитием органического вещества и значительным сокращением осадкообразования к концу низкочастотных тектонических циклов, намечаемых по минимумам тектонической активности в силуре, перми и позднем мелу.

§ 5. ЦИКЛИЧНОСТЬ УГЛЕОБРАЗОВАНИЯ И ЕЕ КОРРЕЛИРУЕМОСТЬ С ЦИКЛИЧНОСТЬЮ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

Представляет несомненный интерес сопоставление глобальных циклов нефтегазообразования с цикличностью углеобразования. Новые открытия месторождений угля, поисками которых ныне охвачены все континенты, не изменили порядка геологических запасов, которые оценивались в 1937 г. в $8 \cdot 10^{12}$ т, а в настоящее время оцениваются обычно от $(14 \div 16) \cdot 10^{12}$ до $(25 \div 30) \cdot 10^{12}$ т.

Глобальная цикличность выявляется при анализе угленакопления в пределах материковой части земной поверхности.

Н. Г. Железнова и А. К. Матвеев (1973) провели исследование распределения запасов угля в пластах мощностью более 35 см (в СССР более 45 см) по всем выявленным месторождениям мира и установили вслед за П. И. Степановым закономерное изменение масштабов угленакопления в различные эпохи фанерозойской истории Земли. Процесс угленакопления в промышленных масштабах начался только в позднем девоне — раннем карбоне, максимальная интенсивность процессов углеобразования отмечается в среднем — позднем карбоне (17,9% от мировых запасов угля), в перми (23,5%), в юрском и меловом периодах (соответственно 14,2 и 17,9%), и наибольший пик угленакопления падает на палеоген-неогеновый этап геологической истории Земли (26,8%).

Запасы угля сравнительно хорошо изучены на всех материках, исключая Антарктиду. Новые крупные открытия в настоящее время на материках лавразийской группы представляются маловероятными, значительные открытия могут быть сделаны по оценкам многих исследователей лишь в Южной Америке и Африке.

Есть все основания полагать, что накопленная информация о запасах угля вполне представительная и может быть использована для выявления цикличности угленакопления в фанерозое.

По данным подсчетов запасов по различным стратиграфическим комплексам Н. Г. Железновой и А. К. Матвеева (1973 г.) нами построен график (см. рис. 45). Если более ранние данные П. И. Степанова по стратиграфическому распределению месторождений угля не коррелировались с распределением запасов жидких и газообразных углеводородов, особенно для мезозойских отложений, то, как следует из сопоставления этих графиков на рис. 45, накопление информации, повышение степени ее представительности для статистических оценок привели к весьма хорошей коррелируемости режимов угле- и нефтегазонакопления в фанерозое. Наиболее важные черты обоих графиков — максимумы в среднем и верхнем палеозое (исключая девон, когда наземная растительность лишь начинала развиваться), минимум в триасе, максимумы в юре и мелу — хорошо согласуются друг с другом. Отсутствие данных по более дробному расчленению запасов третичных углей не позволяет оценить степень коррелируемости процессов угле- и нефтегазообразования в кайнозое. По некоторым данным намечается относительный минимум угленакопления в палеоцене. Относительно большой удельный вес запасов третичных углей не является показательным и не может считаться нарушением общей картины высокой коррелируемости по двум причинам:

1) запасы угля подсчитываются до глубин 1200—1800 м, что предопределяет повышение удельного веса запасов более молодых отложений в силу принятой методики подсчета (запасы нефти и газа подсчитываются до глубин 5 км и более);

2) за период с 1937 по 1970 г. относительная доля запасов третичных углей уменьшилась с 54 до 26,7% (по другим оценкам даже

до 15%); есть все основания думать, что указанная тенденция отнюдь не исчерпана.

Приведенные данные о глобальной цикличности и высокой коррелируемости масштабов угле- и нефтегазообразования в течение фанерозоя с высокой степенью объективности подтверждают справедливость органической теории генезиса нефти и газа.

Если формирование месторождений угля за счет растительности не вызывает никаких сомнений, а принадлежность растительности органическому миру и общность основных законов изменения во времени для разных областей биосферы также обычно принимается очевидной, то логическим и неизбежным следствием приведенных данных является генезис доминирующих количеств нефти и газа за счет преобразования биомассы.

Рассмотренные данные о фанерозойском накоплении угля, нефти и газа позволяют сделать следующие выводы.

1. Процессы угле- и нефтегазонакопления в фанерозое проявлялись циклично; максимальная интенсивность процессов фиксируется в среднем — верхнем палеозое, мезозое и кайнозое. В нижнем палеозое углеобразования в промышленных масштабах не происходило, а мегацикл нефтегазообразования проявлялся заметно ослабленным.

2. Продолжительность крупных эпох угле- и нефтегазообразования колеблется от 140 до 180 млн. лет. Между этими эпохами отмечаются этапы геологической истории, когда процессы угле- и нефтегазообразования и накопления были малоинтенсивными.

3. Выделение большого количества циклов с частотой в десятки миллионов лет преимущественно на основании геохимической характеристики углеводородов, установленное во многих регионах, не может быть сделано для всей планеты в целом. Интенсивность процессов нефтегазообразования в отдельных среднечастотных циклах различается на 1—2 порядка, т. е. эти циклы совершенно не равнозначны по масштабам нефтегазообразования.

ЦИКЛИЧНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Разработка теоретических положений формирования месторождений нефти и газа является одной из актуальнейших проблем нефтяной геологии. Теория формирования месторождений горючих углеводородов базируется на объективных законах протекания геологических процессов, которые определяют накопление органического вещества, генерацию углеводородов, условия миграции и аккумуляции нефти и газа и, наконец, разрушение их залежей. Поэтому рассмотренные выше закономерности цикличности тектогенеза, осадконакопления, климатов, геофизических полей, масштабов накопления угля, газа и нефти, несомненно, оказывают влияние на ход процессов формирования месторождений нефти и газа. Недочет или игнорирование явлений геологической цикличности приводят к излишней схематизации представлений об основных закономерностях формирования месторождений нефти и газа и затрудняют разработку теории.

Здесь уместно подчеркнуть одну особенность нашего анализа. Выявленные выше закономерности глобальной цикличности геологических процессов являются осредненными, статистически вероятностными зависимостями, которые далеко не всегда соблюдаются в различных регионах. Анализ глобальных явлений посвящен обобщенным теоретическим аспектам связи мегациклов нефтегазоносности с низкочастотной цикличностью геологических процессов и не должен переноситься без специфических конкретных корректив на тот или иной регион, которому свойственна средняя частотность. Региональный анализ должен опираться на присущие этому региону закономерности протекания геологических процессов, выявленные здесь при геологических исследованиях.

Поэтому выводы общетеоретического характера при их преломлении в конкретной геологической обстановке должны быть откорректированы в соответствии с результатами изучения региональных геологических особенностей.

Непригодность перенесения закономерностей из регионального уровня в общепланетарный уровень организации вещества особенно заметна при рассмотрении связи цикличности нефтегазоносности и осадконакопления. Во многих регионах циклы трансгрессий и регрессий протекают по специфическим законам с периодом в 20—120 млн. лет. В ходе этих циклов средней частоты формируются регионально нефтегазоносные комплексы, являющиеся предметом исследований региональной цикличности нефтегазообразования.

Среднечастотная цикличность седиментогенеза в планетарном масштабе не установлена, а низкочастотные мегациклы глобального нефтегазообразования обнаруживают определенную связь с режимом общеземного седиментогенеза по приуроченности границ мегациклов нефтегазообразования к периодам уменьшения масштабов морского осадконакопления.

Следует обратить внимание также на широко распространенные традиционные представления о закономерных связях тектогенеза с трансгрессиями, используемых при анализе региональной цикличности. Речь идет о каноне тектонических фаз Г. Штилле (или его модификациях) и тектонических циклах, которые (фазы и орогении) связываются непосредственно с общемировыми регрессиями.

Выше мы показали, что среднечастотные тектонические эпохи не коррелируются обычно с соответствующими общепланетарными регрессиями или трансгрессиями.

Анализ часто наблюдаемых в некоторых регионах проявлений отдельных тектонических фаз, орогений и синхронных им регрессий и трансгрессий должен основываться на учете конкретного регионального фактического материала. Суммарное воздействие мигрирующих в разрезе и в пространстве высоко- и среднечастотных проявлений цикличности тектогенеза и седиментогенеза, по-видимому, имеет следствием намечающуюся взаимосвязь понижения интенсивности тектонически активных эпох с общемировыми регрессиями. Эти эпохи в первом приближении отвечают границам низкочастотных мегациклов нефтегазообразования.

В настоящей работе не ставится задача рассмотрения всех аспектов влияния цикличности геологических процессов на различные стадии формирования месторождений нефти и газа, поскольку общая разработка проблемы взаимосвязи цикличности и нефтеносности находится в начальном состоянии.

§ 1. ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА РАЗЛИЧНЫЕ СТАДИИ ОБРАЗОВАНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

В проблеме связи цикличности геологических процессов с нефтегазоносностью необходимо рассматривать упомянутые выше четыре стадии формирования и разрушения нефтяных и газовых месторождений и воздействие на них различных агентов геологической среды.

Нефть и газ (далее для краткости мы будем часто упоминать нефть) являются сложным продуктом геологической среды, однако до настоящего времени некоторые исследователи чрезвычайно упрощают проблему, прибегая к таким афористичным формулировкам, как «нефть можно с полным основанием считать детищем литогенеза», «нефтегазоносность контролируется тектоникой». Каждое такое высказывание справедливо лишь отчасти, а при современном состоянии проблемы формирования месторождений нефти и газа приведенные формулировки приемлемы лишь в целях начального обучения.

Месторождения нефти формируются в результате сложного и длительного процесса при комплексном воздействии широкой гаммы тектонических, литологических, геохимических, климатических, биологических, гидрогеологических и термодинамических факторов, взаимодействующих друг с другом. Для формирования месторождений нефти прежде всего необходимы благоприятные условия захоронения органического вещества, затем воздействие комплекса факторов его преобразования, далее возможности миграции по проницаемым пластам к ловушкам, где происходит концентрация нефти в месторождения; наконец, необходимы различные условия сохранения залежей и месторождений нефти от разрушения. На каждой стадии неизбежно воздействие ряда агентов геологической среды, определяющих не только возможность нефтеобразования, его масштабы, но и разрушение месторождений нефти и газа.

Например, захоронение органического вещества определяется прежде всего его наличием, затем средой захоронения (водной, аэробной), которая в свою очередь определяется климатом, быстротой прогибания и осадконакопления, характером тектонических движений и т. п.

Стадийное развитие процессов формирования месторождений нефти и газа, несколько схематизируя, можно представить протекающим в двух принципиально разных геологических обстановках. Первая стадия, включающая захоронение ОВ, накопление нефтегазоматеринских пород и отложений, которые становятся впоследствии коллекторами и экранами, протекает в экзогенной обстановке. Складывающиеся здесь термобарическая и геохимическая ситуации определяются совместным воздействием трансгрессий и регрессий, климата и тектогенеза. Циклический режим этих процессов комплексно влияет на закономерности образования нефтегазоматеринских, коллекторских и изолирующих свит. Поступление ОВ на большие глубины определяется режимом вертикальных погружений земной коры.

После поступления ОВ на большие глубины дальнейшие его преобразования и превращение в нефть, ее миграция к местам накопления в залежи и месторождения, наконец, сохранение последних от разрушения происходят в эндогенной обстановке. Изменения термодинамической и геохимической ситуаций в недрах определяются изменениями режимов тектонических движений, теплового поля; видимо, важную роль приобретает режим подземной гидросферы, в то же время факторы экзогенные, режимы климата и трансгрессий — регрессий уже не оказывают решающего влияния на протекающие в эндогенной обстановке стадии формирования месторождений.

В эндогенной обстановке главным фактором циклических воздействий на формирование месторождений нефти является цикличность тектогенеза, влияние цикличности климатов и трансгрессий отступает на второй план и имеет частное значение. Тектоническая цикличность на современном уровне изученности явлений геотермии

однотипна с цикличностью теплового поля, а закономерности изменения палеорежима подземной гидросферы не изучены. Поэтому при обсуждении влияния цикличности на эндогенные стадии формирования месторождений нефти и газа необходимо уделять основное внимание тектонической цикличности.

Роль тектонической цикличности при миграции нефти будет рассмотрена ниже. Все исследователи единодушны в оценке ведущей роли тектоники в формировании ловушек нефти, подавляющее большинство которых контролируется антиклинальными структурами. Становление структур происходит длительно, то усиливаясь, то замедляясь; по-видимому, усиление формирования структур наблюдается в эпохи тектонической активности, а замедление — в эпохи тектонического покоя. К тектонически мобильным эпохам приурочены и тектонические перестройки структур, формирование разломов, поэтому такие эпохи имеют важное значение и для разрушения месторождений. Эти тривиальные положения принимаются подавляющим большинством исследователей, однако количественное обоснование этих положений на материалах основных нефтегазоносных бассейнов еще не может быть сделано в связи с разрозненностью имеющихся данных.

Приведенные соображения показывают, что роль различных компонентов геологической среды в формировании месторождений нефти и газа неоднотипна. Можно сказать, что начальное возникновение нефти и газа происходит в результате взаимодействия колебательных режимов морской седиментации и климата при благоприятной тектонической обстановке. Дальнейшее созревание и рождение нефти и газа, жизнь и смерть их аномальных концентраций (включая месторождения) происходят под пестующим воздействием тектонического режима в благоприятной обстановке подземной гидросферы.

В эндогенных условиях на развитие путей миграции нефти, на создание возможностей для аккумуляции ее в отдельных случаях частное воздействие могут оказывать и экзогенные факторы. В. Д. Наливкин с соавторами (1975) считают, что чередующийся трансгрессии и регрессии вызывают колебания пластовых давлений в диапазоне до 40 кгс/см², при этом падение уровня океана способствует выделению растворенного газа и его аккумуляции в имеющихся ловушках, а расширение газа в заполненных до замка ловушках приводит к частичному разрушению месторождений. Указанное явление возможно лишь при гидростатических давлениях в бассейнах, питание которых происходит за счет вод океана. В большинстве нефтегазоносных бассейнов области питания пластовых гидросистем располагаются на суше, выше уровня океана, поэтому трансгрессии и регрессии, а также эвстатические колебания уровня океана не оказывают воздействия на изменение гидростатических давлений. Для бассейнов, где гидростатическое давление зависит от эвстатического уровня, на основании вышеизложенного можно наметить лишь четыре великие ледниковые эпохи, когда уровень океана ощутимо уменьшался и затем вновь возрастал.

Следовательно, эти проявления климатической цикличности оказывали воздействие на эндогенные стадии развития месторождений нефти и газа.

С общих позиций необходимо признать, что, по-видимому, существуют и иные пути воздействия экзогенных факторов на глубинное преобразование ОВ, миграцию и аккумуляцию нефти и газа. Однако конкретные механизмы таких воздействий остаются нераскрытыми.

§ 2. О ВЛИЯНИИ ЦИКЛИЧНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОМАТЕРИНСКИХ СВИТ !

Представление о нефтегазоматеринских свитах является одним из краеугольных камней органической теории происхождения нефти и газа. В качестве нефтегазоматеринских ныне большинством ведущих нефтяников (Н. Б. Вассоевич, В. В. Вебер, Н. А. Еременко, М. К. Калинин, А. Э. Конторович, С. П. Максимов, В. Д. Наливкин, С. Г. Неручев, И. И. Нестеров и др.) признаются терригенные и карбонатные отложения, в процессе своего формирования обогащенные органическим веществом, причем сапропелевое вещество признается преимущественно нефтегенерирующим, а гумусовое — газогенерирующим. Н. Б. Вассоевич с соавторами (1975) показали, что ОВ при захоронении тяготеет к тонкодисперсным осадкам, в которых возникают и более благоприятные возможности для сохранения его от окисления и разрушения. Это определяется близостью размеров органических и глинистых частиц, относительной быстротой формирования восстановительной среды в глинистых осадках под влиянием микробиального разложения ОВ. Таким образом, глинистые и иловые осадки, которые при литификации превращаются в глины, мергели и известняки, являются наиболее благоприятной средой для формирования нефтематеринских свит. Вместе с тем значительные количества ОВ накапливаются в осадках других типов и, несомненно, участвуют в генерации нефти и газа. Вопросы выделения нефтегазоматеринских свит во многих конкретных разрезах, оценки их относительных качеств и влияния различных факторов на их нефтеотдачу, а также вопросы их роли в суммарном генезисе углеводородов продолжают оставаться дискуссионными.

Не выработана еще единая точка зрения и о месте нефтегазоматеринских свит в цикле осадконакопления. Наиболее распространены представления о связи нефтегазоматеринских свит с трансгрессивными стадиями осадочного цикла, что намечалось еще С. Н. Бубновым и Н. М. Страховым. Н. Ю. Успенская (1967), изучая распределение залежей нефти и газа на молодых платформах, пришла к заключению о закономерной приуроченности нефтегазоматеринских свит к трансгрессивным сериям, к периодам наибольшего размаха трансгрессий.

Н. Б. Вассоевич и др. (1975) считают, что «наиболее благоприятными с точки зрения формирования нефтепроизводящих свит следует считать эпохи, отвечающие середине крупных трансгрессивных циклов, когда морской бассейн занимал наибольшую площадь,

а в составе приносимого материала преобладал тонкодисперсный глинистый материал, в достаточной мере обогащенный разбухающими компонентами» (стр. 24—25). Классическими нефтепроизводящими толщами эта группа исследователей считает майкопские отложения Кавказа, ниже-среднеюрские толщи Восточного Предкавказья, тюменскую и марьяновскую свиты Западной Сибири, глинистые породы терригенного девона Урало-Поволжья, глины соленосной толщи Припятской впадины, нижнепалеозойские глины Прибалтики.

В. Д. Наливкин, С. Г. Неручев и другие исследователи ВНИГРИ (1975) считают, что нефтематеринские свиты и угленосные толщи повторяются в разрезах закономерно, причем все классические нефтематеринские свиты доманикового типа формируются только в трансгрессивные фазы циклов. Выделяя несколько фаз трансгрессий, к первому максимуму трансгрессии эти авторы относят наиболее ярко выраженные нефтематеринские свиты: верхнеюрские отложения во многих районах мира, включая баженовскую свиту Западной Сибири, битуминозные осадки доманика Русской платформы, куонамскую битуминозную свиту кембрия Сибири. Второй по значению для формирования нефтематеринских свит признается финально-трансгрессивная фаза, в ходе которой сформировались такие нефтематеринские толщи, как кумская свита Юга СССР (верхний эоцен — олигоцен), верхнепермские битуминозные сланцы Европы, граптолитовые сланцы силура. Меньшее значение, по мнению В. Д. Наливкина и др., имеют нефтематеринские толщи середины трансгрессивных эпох: отложения альба — турона (Кавказ, США, Северная Африка), верхнекаменноугольные кендерлыкские сланцы, ордовикские сланцы Прибалтики.

Иной подход к оценке положения нефтегазоматеринских толщ у исследователей Западной Сибири. В. П. Казаринов (1958) одним из первых потенциально нефтематеринскими признавал формации начально-регрессивные. А. А. Трофимук и Ю. Н. Карагодин (1975) считают, что в мезозойских отложениях Западно-Сибирской и Туранской плит наиболее благоприятной для формирования больших масс сапропелевого вещества является начально-регрессивная фаза, а гумусового вещества — финально-регрессивная фаза цикла осадконакопления. Примером первой является толща неокома Западной Сибири (запасы нефти), а примером второй — усть-тазовская серия валанжина — сеномана (запасы газа). С начально-трансгрессивной фазой цикла, по мнению этих ученых, связано формирование толщ со смешанным типом ОВ, здесь поровну генерируются нефть и газ, но мощности отложений и запасы углеводородов в них невелики. В финально-трансгрессивную фазу накапливается аномально насыщенные сапропелевым ОВ породы баженовской и тутлеймской свит, однако мощности их и генерирующий потенциал также незначительны. Сопоставив взгляды указанных выше исследователей, легко увидеть, что в каждой фазе трансгрессий и регрессий каждого крупного отрезка геохронологической шкалы кто-либо из них обоснованно выделяет нефтематеринскую свиту, что какая-либо

исключительная приуроченность нефтематеринских свит не может быть строго обоснованной.

Несколько в ином положении находятся газопроизводящие формации, связанные с гумусовым веществом. Их накопление отмечается, начиная с отложений девона, когда произошло завоевание биосом суши. Обогащенные гумусом прибрежно-морские, озерные и аллювиальные отложения наиболее широко распространены в трансгрессивных фазах осадочных циклов, особенно в ранне-среднекаменноугольное и ранне-среднеюрское время на всех молодых плитах СССР, а в регрессивных фазах — в валанжин-сеноманское время в Западной Сибири. В. И. Ермаков (1975) подчеркивает, что большинство угленосных и субугленосных формаций, рассматриваемых как существенно газоматеринские, накапливались в прибрежно-морских условиях и наряду с гумусовым обогащены также сапропелевым ОВ, поэтому такие толщи необходимо рассматривать как нефтегазопроизводящие. Поскольку попытки привязки нефтегазоматеринских свит к каким-либо фазам седиментационных циклов нельзя признать достаточно успешными, необходимо обратиться к общим закономерностям накопления и захоронения органического вещества и выяснить воздействие на него факторов цикличности тектогенеза, седиментогенеза, глобального климата, режима биосферы. Прежде всего отметим, что благоприятствующими обстоятельствами при формировании нефтематеринских свит большинство исследователей признают следующие.

1. Повышенная концентрация ОВ, что может явиться следствием повышения абсолютной или относительной роли биомассы в продуктах осадконакопления. Абсолютный рост поступления биомассы в осадки может быть вызван увеличением продуктивности биосферы, а также, возможно, быстрым вымиранием отдельных семейств. Относительный рост биомассы в осадке может явиться следствием уменьшения поступления терригенного материала и ослаблением хемогенного осадконакопления.

2. Формирование осадка в подводных условиях при ограниченном доступе кислорода. Поскольку повышенная биопродуктивность характерна для обстановки осадконакопления на шельфе и континентальном склоне, а также во внутриконтинентальных морях, то фации таких окраинно-континентальных и средиземноморских отложений являются наиболее благоприятными для формирования нефтематеринских свит.

3. Захоронение ОВ в глинистых (а по мнению В. В. Вебера и др., в алевролитовых, карбонатных) толщах, обогащение которых разбужающими компонентами создает оптимальные условия для претворения окисления при диагенезе и способствует созреванию и эмиграции нефти при катагенезе.

4. Длительность и устойчивость прогибаний, что обеспечивает захоронение пропорционально больших количеств ОВ.

С учетом названных положений рассмотрим воздействие факторов цикличности тектогенеза, седиментогенеза и климата на глобальные и региональные закономерности формирования нефтегазоматеринских

свит. Условимся, что для проверки правильности сделанных заключений будем использовать типовые нефтематеринские свиты, намечаемые Н. Б. Вассоевичем и др. (1975), В. Д. Наливкиным и др. (1975), А. А. Трофимуком и Ю. Н. Карагодиным (1975) и указанные выше.

Эпохи повышенной тектонической активности оказываются неблагоприятными для формирования нефтематеринских свит. Из упомянутых выше нефтематеринских свит майкопская, позднеэоценовая, неокомская, среднеюрская, позднепермская, позднемеленугольная, среднедевонская приурочены к общемировым эпохам тектонического покоя и лишь меньшие по значимости нефтематеринские свиты альба — турона и верхней юры приурочены к эпохам тектонической активности. Ниже мы покажем, что две последние нефтематеринские свиты формировались в исключительно благоприятной климатической обстановке.

Газопродуцирующие толщи валанжина — сеномана, раннего — среднего карбона и позднего триаса — ранней юры тяготеют к эпохам повышенной тектонической активности.

Поскольку в смежные тектонические активные и спокойные эпохи (т. е. в течение 40—50 млн. лет) продуктивность биосферы и площадь морей обычно оставались практически неизменными, можно полагать, что воздействие глобального тектогенеза влияло на формирование нефтематеринских свит через повышение глинистости терригенных отложений, а также через усиление карбонатакопления в спокойные тектонические эпохи. Для газогенерирующих толщ, видимо, большое значение имели масштабы денудации суши, при увеличении которых усиливалось поступление в морские осадки продукции континентальной фитомассы. Такие явления происходили в тектонически мобильные эпохи. Указанные закономерные связи тектонической цикличности и формирования нефтематеринских толщ справедливы как на глобальном, так и на региональном уровнях, но при условии, что регионы в период соответствующих тектонических эпох испытывали общее погружение в окраинно-континентальных или средиземноморских условиях.

Режим цикличности седиментогенеза на глобальном уровне организации вещества оказывал влияние на формирование нефтегазоматеринских свит главным образом в эпохи глобальных регрессий в триасе, возможно, в раннем девоне — силуре (?) и в позднем мелу — палеогене, когда возможности накопления нефтегазоматеринских толщ относительно ухудшались.

На региональном уровне подавляющее большинство нефтематеринских свит связано с фазами развившихся трансгрессий. Неокомская нефтематеринская свита Западной Сибири, по нашему мнению, не представляет какого-либо исключения по следующим причинам:

а) в берриасе и валанжине площадь морского осадконакопления была максимальной, такой же, как и в волжское время;

б) нельзя отрицать частичное участие в составе неокомских нефтей продукции позднеюрских нефтематеринских свит;

в) размещение основных залежей Среднеобского района в неом-аптских резервуарах вполне согласуется с их образованием за счет миграции из нефтематеринских толщ волжско-валанжинской трансгрессии.

Формирование газогенерирующих толщ в регионах приурочено к фазам развития трансгрессий или частичных регрессий, при которых площади морских отложений составляют 20—30% осадочного бассейна, а площади прибрежно-морского осадконакопления заметно возрастают, становясь соизмеримыми с площадями морского накопления или превосходя их. При этом площади суши, преимущественно равнинной, составляют около половины площади бассейна. Именно такая фаза цикла регионального седиментогенеза «борьбы суши и моря», как подчеркивал И. М. Губкин, оказывается оптимальной для формирования газоматеринских и нефтегазоматеринских толщ.

Климатические режимы оказывают значительное влияние на закономерности глобального формирования нефтегазоматеринских толщ. Примечательно и, конечно, не случайно, что ни в одну из эпох великих оледенений не выделено ни одной из рассматриваемых выше главных нефтегазоматеринских толщ. Формирование последних происходит в эпохи аридизации и особенно в периоды устойчивого климата. Чрезвычайно благоприятным оказывается самый длительный юрско-меловой период спокойного климата, когда формируется большое число важнейших межрегиональных нефтегазоматеринских свит.

Выяснение закономерных связей между общеземным климатом и формированием нефтегазоматеринских свит показывает, что лишь глобальный климат периодов оледенений и засоленений неблагоприятен для формирования нефтегазоматеринских свит в связи с резким падением продуктивности биомассы. В межледниковые и межэвапоритовые эпохи продуктивность биомассы достаточно велика. Колебания климата от умеренного до тропического не приводят к столь резкому изменению биопродуктивности, чтобы это оказало влияние на возможность формирования нефтегазоматеринских свит.

Таким образом, контролирующее влияние на формирование нефтегазоматеринских свит на глобальном уровне организации вещества (низкая частотность) оказывают в порядке убывания — цикличность общеземного климата, тектогенеза, седиментогенеза, а на региональном уровне — цикличность тектогенеза, седиментогенеза и климатической изменчивости.

§ 3. О ВЛИЯНИИ ЦИКЛИЧНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКТОРОВ И ФЛЮИДУПОРОВ

Рассмотрим влияние различных проявлений цикличности на формирование главных типов горизонтов коллекторов — гранулярных, грубозернистых и карбонатных и основных разновидностей флюидуупоров — глинистых и эвапоритовых. С этими коллекторами и флюидуупорами связано свыше 95% запасов нефти и газа.

В целом можно наметить два главных направления формирования нефтегазоносных комплексов, включающих чередующиеся в разрезе коллекторы и экраны. С глинистыми изолирующими толщами связано около 60% запасов углеводородов, с эвапоритовыми экранами — более 30%. Близкие соотношения намечаются для терригенных и карбонатных коллекторов, при этом преобладают парагенетические ассоциации терригенных коллекторов и глинистых экранов, а также карбонатных коллекторов и эвапоритовых экранов.

Тектоническая цикличность средней частоты оказывает четкое влияние на формирование коллекторов и флюидоупоров. В эпохи тектонической активности происходит усиление дифференциальных движений, в продуктах осадконакопления возрастает роль терригенных коллекторов. Однако следует помнить, что эпохи тектонической активности объединяют ряд не повсеместно проявляющихся фаз. Поэтому при общем погружении обломочных отложений роль тонкодисперсных разностей остается значительной и в эпохи тектонической активности. Эти эпохи при прочих равных условиях неблагоприятны для формирования карбонатных коллекторов и хемогенных флюидоупоров. Напротив, в эпохи тектонического покоя формируются преимущественно карбонатные коллекторские горизонты, глинистые и хемогенные флюидоупоры. Эти закономерные связи в общем виде справедливы для регионального и для глобального уровней рассмотрения проблемы. Частота тектонических циклов в среднем около 44 млн. лет и наличие отдельных тектонических фаз способствуют тому, что в бассейнах длительного погружения неизбежно происходит неоднократное чередование накопления пород-коллекторов и изолирующих толщ, свойства которых могут существенно изменяться при погружении под влиянием термодинамических факторов.

Сравнительно хорошо изучены результаты воздействия на породы диа-, ката-, мета- и гипергенетических изменений под влиянием поступательного одновременного увеличения температур и давлений. Исследования нефтегазоносных бассейнов показывают, что увеличение температуры с глубиной происходит практически повсеместно, хотя градиенты нарастания температуры существенно изменяются в плане и по разрезу. В то же время изменение давлений в пластовых флюидалных системах, содержащих нефть и газ и заполняющих поры коллекторов и флюидоупоров, не всегда подчиняется нормальной тенденции. Новые проблемы возникают в связи с выявившимся широким развитием на больших глубинах явлений аномально высоких и реже аномально низких пластовых давлений.

Тесная связь режима тектогенеза с тепловыми потоками позволяет думать, что термодинамическая обстановка в недрах существенно изменчива во времени, в частности градиенты температуры заметно возрастают в тектонически активные эпохи и уменьшаются в эпохи тектонического покоя. Вследствие этого гипогенные изменения осадочных пород в тектонически мобильные эпохи происходят на меньших глубинах, чем в тектонически спокойные эпохи. Не-

смотря на слабую количественную изученность этого процесса можно отметить, что недостаточно привязывать определенные стадии изменения осадка в процессе погружения к определенным значениям температур и глубин. Следует более строго оценивать изменения осадка в системе температура — давление, не забывая о том, что эквивалентный уровень глубин существенно изменяется во времени, систематически уменьшаясь в тектонически мобильных эпохи и возрастаая в эпохи тектонического покоя. Региональная цикличность осадконакопления довольно тесно связана с особенностями размещения коллекторских и непроницаемых горизонтов.

Закономерности регионального осадконакопления включают формирование латеральных и вертикальных формационных рядов, в которых однотипные по литологическому составу отложения скользят по разрезу и в пространстве. Однако ширина зоны развития тех или иных отложений заметно изменяется в различных фазах циклов регионального осадконакопления.

Терригенные коллекторы формируются преимущественно в фазы регрессий и в начальные фазы трансгрессий, особенно при совпадении времени этих фаз с эпохами тектонической активности. Карбонатные коллекторы формируются преимущественно на стадии максимального размаха трансгрессий. Эти стадии благоприятны также для формирования региональных глинистых и хемогенных непроницаемых толщ. Необходимо отметить, что хорошие коллекторские свойства карбонатные породы и толщи с кальцито-карбонатным цементом нередко приобретают в процессе вторичных преобразований (закарстование при кратковременных подъемах, вторичное растворение кальцита при температуре, близкой 90° С, детально описанное Н. А. Минским, 1975).

Цикличность глобального климатического режима также оказывает заметное влияние на закономерности формирования коллекторов и флюидоупоров. В первую очередь необходимо отметить широкое формирование полирегиональных соленосных покровов в эпохи великих засолений, а также общее сокращение масштабов карбонатного осадконакопления в эпохи великих оледенений. Периоды нормального климата, напротив, отвечают времени широкого распространения карбонатов. Терригенные коллекторы и флюидоупоры формируются во всех климатических зонах.

В конкретных регионах на особенности формирования изолирующих горизонтов оказывают влияние и некоторые более тонкие особенности климатов. Так, формирование глин преимущественно за счет каолинита, монтмориллонита и других слоистых силикатов, по Н. Б. Вассоевичу и др. (1975), приводит к формированию нефтематеринских свит, являющихся также непроницаемыми флюидоупорами. Накопление таких глин способствует гумидный климат с преобладающим развитием процессов химического выветривания в областях сноса.

В карбонатных осадочных циклах при гумидном климате изолирующие горизонты мергелисто-глинистого состава формируются по заключению В. Д. Наливкина и др. (1975) в период максимального

размаха трансгрессий. В тех же осадочных циклах, но при аридном климате экранирующую роль играют доломиты и эвапориты, формирующиеся на регрессивной стадии ритмов.

Таким образом, закономерности глобального формирования коллекторов и экранов обусловлены особенностями цикличности следующих процессов в порядке убывания их значимости: тектогенез, климатический режим, седиментогенез; закономерности регионального формирования коллекторов и экранов обусловлены региональной цикличностью седиментогенеза, тектогенеза и климата для терригенных пород и цикличностью седиментогенеза, климата и тектогенеза для карбонатных и эвапоритовых отложений.

§ 4. ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА МИГРАЦИЮ УГЛЕВОДОРОДОВ

Понятие о миграции углеводородов из зон накопления органического вещества в областях преимущественного прогибания к зонам нефтегазонакопления предусматривает определенную обусловленность разделения, перемещения и аккумуляции углеводородов термодинамическими и другими особенностями обстановки в недрах. Тектоническая обстановка является ведущим фактором, контролирующим пути, направления и скорость миграции (И. М. Губкин, 1937). Поэтому учет закономерностей протекания тектонических процессов во времени и пространстве является первостепенной по важности задачей при разработке теоретических основ миграции углеводородов.

Рассмотрение теоретических основ процессов миграции нефти и газа большинством исследователей (Н. Б. Вассоевич, А. А. Геодекан, С. Г. Неручев, А. А. Трофимук, В. А. Соколов, Н. Ю. Успенская, С. П. Максимов, М. С. Бурштар и др.) производится для условий температур и давлений, являющихся только функцией глубины. Лишь в некоторых работах последних лет (Н. А. Минский, 1975; И. С. Гольдберг и др., 1976) намечается подход, учитывающий временные и межрегиональные изменения температуры.

Выше мы показали, что в течение фанерозоя с интервалами времени в среднем в 44 млн. лет происходит выделение примерно равных порций тектонической энергии. Графики режимов тектогенеза и тепловыделения в фанерозое приведены на рис. 3 и 41. Они показывают, что глубинная термодинамическая обстановка в земной коре циклически изменяется. С известной долей условности, но в соответствии с различными оценками можно принять, что в течение тектонически активных эпох тепловой поток и давление в недрах примерно в 1,5 раза (максимум в 2,0 раза) повышаются по сравнению с эпохами тектонического покоя. Необходимо иметь в виду, что описываемые изменения теплового потока характеризуют его осредненные общеземные величины. В конкретной геологической ситуации изменения теплового потока происходят более дифференцированно. По-видимому, на древних платформах можно ожидать лишь относительно небольшого увеличения теплового

потока, а в мобильных зонах — более значительного. Латеральная дифференциация теплового потока отмечается и внутри регионов одинакового уровня тектонической подвижности: здесь наибольшие величины теплового потока обычно тяготеют к приразломным зонам и растущим поднятиям. Поэтому геоизотермы не следует, особенно для эпох тектонической активности, уподоблять горизонтальным поверхностям, привязывая уровни определенных температур к некоторым глубинам и соответствующим стратиграфическим комплексам.

Г. Коннон (1974) отмечает, что время и температура являются важными факторами для преобразования керогена в нефть, а поэтому, чем дольше время созревания, тем ниже требуемая для образования нефти минимальная температура. Однако эта модель не дает никаких оснований коррелировать время с возрастом геологической формации, рассматривать возраст формации как время созревания нефти, считать, что осадки находились при современной температуре со времени их отложения.

Таким образом, преобразование захороненного органического вещества происходит в обстановке переменного во времени и в пространстве тектоно-теплового режима. Это, несомненно, должно оказывать влияние на особенности и ход процессов миграции нефти и газа и поэтому учитываться при разработке теоретических основ миграции.

Будем считать, что свое воздействие на миграцию нефти и газа изменения тектонической активности и теплового потока оказывают в условиях некоторых фиксированных глубин. Несомненно, что в природной обстановке процессы погружения осадков и захоронения ОВ происходят непрерывно, периодически на эти процессы накладывается влияние изменения тектонической активности.

Как известно, создавая учение о нефти, И. М. Губкин связывал миграцию флюидов с тектоническими движениями, контролирующими как масштабы, так и направление миграции. Вместе с тем роль эндогенных сил в процессах миграции пока еще оценивается недостаточно и обычно чрезмерно упрощенно.

При перемещении нефти и газа из мест захоронения органического вещества в породы-коллекторы обычно различают две стадии: эмиграцию (первичную миграцию) и собственно миграцию (вторичную миграцию). Эмиграция охватывает процессы переноса углеводородов из пелитовых пород в смежные пласты-коллекторы. В процессе миграции нефть и газ движутся по этим пластам и по сочленяющимся с ними проницаемым зонам в пункты сбора — ловушки, где формируются залежи. Все указанные перемещения происходят в присутствии подземных вод, обычно при их активной роли как агентов транспортировки. Растворенные в воде нефть и газ движутся вместе с водой или всплывают в водной среде.

При анализе обстановки миграции различные исследователи акцентируют внимание на различных факторах миграции, совокупность которых контролирует все стадии миграционного процесса (М. С. Бурштар, И. В. Машков, 1963; В. С. Вышемирский,

А. Э. Конторович, А. А. Трофимук, 1971; С. П. Максимов, В. П. Строганов, 1975; Н. А. Минский, 1975 и др.). Рассмотрим воздействие цикличности тектогенеза на каждый из факторов миграции.

В настоящее время выделяют следующие факторы миграции битумоидов.

1. *Капиллярные силы.* Вопрос о воздействии изменений температуры и давления на эффективность миграции под действием капиллярных сил разработан слабо. Судя по последним исследованиям Н. А. Минского, роль капиллярных сил возрастает с повышением температуры, когда усиливается вероятность нахождения нефтяных углеводородов в надкритическом низковязком состоянии.

2. *Гравитационные, или, вернее, архимедовы, силы.* Их роль при вторичной миграции измеряется произведением разности плотностей нефти и воды на синус угла наклона пласта. Очевидно, что в эпохи тектонической активности происходит относительно быстрое наращивание углов наклона, что имеет следствием активизацию миграционного процесса под воздействием возросших архимедовых сил. С другой стороны, разность плотностей воды и нефти заметно возрастает с увеличением температуры, что также приводит к увеличению сил всплывания. Различные температуры кипения фракций нефти обуславливают дифференциацию ее состава на путях миграции в условиях высоких температур под воздействием архимедовых сил, значение которых существенно возрастает.

3. *Десорбция.* Ее протекание тесно связано с температурным режимом. Повышение температуры в тектонически активные эпохи существенно снижает сорбционную емкость глин и ОВ и приводит к усилению десорбции битумоидов с поверхности материнского ОВ и глинистых частиц. Десорбция происходит под влиянием нескольких явлений, включая отжатие ОВ вместе с частицами воды, отсечение подвижных частиц от исходного ОВ при преобразовании минералов в зонах катагенеза, общее снижение вязкости нефти, снижение сорбционных сил. Более благоприятные условия для протекания этих явлений возникают при повышении температуры. Следовательно, в эпохи тектонической активности первичная миграция заметно усиливается за счет убыстрения десорбции.

4. *Диффузия* практически не зависит от изменений тектонической активности.

5. *Деформации пород*, включающие послойные смещения при изгибах пластов и другие упругие и неупругие перемещения частиц пород относительно друг друга, а также разрывы сплошности и формирование системы трещиноватости, непосредственно связаны с тектонической активностью.

Все виды деформаций благоприятствуют убыстрению миграции, следовательно, в эпохи тектонической активности первичная и вторичная миграции усиливаются за счет увеличения деформаций нефтематеринских и коллекторских пластов.

Нам представляется, что из явлений деформации наибольшее влияние на первичную миграцию оказывает возникновение трещино-

ватости в глинистых толщах. Это, очевидно, свойственно глинам, которые в значительной мере утратили пластичность, т. е. находятся в условиях высоких давлений. Наибольшее воздействие на вторичную миграцию оказывают деформации с относительным перемещением частиц, изменяющие объем, форму и связанность пор, а также деформации изгиба пластов на сводах, что создает эффект «всасывания» туда флюидов из крыльевых зон.

6. *Уплотнение глин.* Известно, что при одинаковых глубинах залегания в тектонически активных районах глины значительно плотнее, чем в районах спокойной тектоники. Следовательно, тектонические воздействия, оказывая значительное влияние на уплотнение глин, способствуют первичной миграции, а поступление седиментационных вод в коллектор, приводя в движение поровые воды, убыстряет ход вторичной миграции. Уплотнение глин в условиях повышения температур и давлений и при возможности оттока флюидов подробно рассмотрено Н. Б. Вассовичем и др. (1975) и рядом зарубежных авторов. Установлено, что в определенном интервале температур (90—130° С) в разбухающих глинах происходит потеря межслоевой воды и перестройка межпакетных промежутков, объем глин убыстренно сокращается на 10—15% и соответственно резко усиливается эмиграция.

Следовательно, в тектонически активные эпохи миграционные явления, обусловленные уплотнением глин, убыстряются.

7. *Нагревание водонасыщенных толщ.* Различие коэффициентов температурного расширения флюидов и твердых компонентов породы приводит к тому, что при нагревании на 10° С из пор выжимается примерно 0,5% первоначального объема воды.

В эпохи тектонической активности повышение температуры в недрах на несколько десятков градусов вполне вероятно. Следовательно, миграция будет возрастать в эти эпохи и за счет нагревания водонасыщенных толщ.

8. *Повышение растворимости нефти в газе и в воде при нагревании* является фактором, способствующим миграции. Поэтому нагревание недр в тектонически активные эпохи приводит к убыстрению миграции. Зависимость масштабов миграции от термобарической обстановки в недрах в настоящее время изучается несколько односторонне. Преимущественное внимание уделяется влиянию температуры. Так, Н. А. Минский (1975) вводит понятие о температурном пороге широкой миграции (при температуре около 90° С), когда наряду с благоприятными преобразованиями нефтематеринских толщ происходит и значительное улучшение коллекторских свойств в связи с растворением кальцита и некоторыми другими явлениями. В понятие главной зоны нефтеобразования также входит оптимальный температурный режим (приводимые разными авторами абсолютные цифры колеблются от 50—60° до 150—180° С для различных генетических типов ОВ, возраста и состава вмещающих пород). Достижение определенного критического рубежа температур приводит согласно этим представлениям к форсированию термokatализа

сорбированного ОВ и термоллиза несорбированного ОВ, к усилению эмиграции из нефтегазоматеринских пород.

Несомненно, что пластовое давление в флюидалных системах, геостатическое давление и упругие напряжения, существующие в недрах, разности и градиенты изменения этих величин также существенно влияют на миграцию в комплексе с изменениями температуры, однако их оценка и роль остаются неизученными.

Анализируя особенности циклических воздействий на миграцию, некоторые авторы высказывают весьма дискуссионные суждения по этому вопросу. Так, Ю. Н. Карагодин (1974) пишет: «Этапы активного формирования залежей нефти и газа будут соответствовать периодам снятия пластового давления, что происходит в конце крупных регрессий, заканчивающихся перерывом в осадконакоплении и разрывом ранее образовавшихся пород... Чем крупнее перерыв, тем значительней снятие давления, а следовательно, активной миграция и эмиграция углеводородов, хотя, естественно, поднятие региона означает снижение температуры и, если не прекращение, то затухание процессов генерации углеводородов» (стр. 146). В такой трактовке при ослаблении генерации усиление миграции просто невозможно, так как в миграцию вовлекается лишь генерируемая из ОВ нефть. Однако в эпохи тектонической активности, которые выделяются по преимущественному развитию перерывов и угловых несогласий, происходит усиление теплового потока и температура в конкретном пласте может как понижаться (при преобладающем влиянии поднятий, по схеме Ю. Н. Карагодина), так и повышаться (при преобладающем влиянии нарастания теплового потока). Именно при последней ситуации в эпохи тектонической активности интенсифицируются одновременно процессы генерации и миграции нефти, что имеет важное значение для формирования ее месторождений.

Некоторые исследователи (К. Б. Аширов, В. Б. Порфирьев и др.), преувеличивая способность нефти и газа к миграции и рассеиванию, считают, что все залежи нефти и газа или преобладающие их количества сформированы в последнюю эпоху неоген-четвертичной тектонической активизации. Проведенный нами анализ показывает, что эта эпоха является лишь одной из 13 примеров равнозначных среднечастотных тектонических эпох фанерозоя, поэтому для приписывания ей какой-либо исключительной роли в формировании месторождений нефти и газа нет достаточных оснований.

Рассмотрение основных факторов миграции, проведенное выше, показывает, что в тектонически активные эпохи происходит усиление миграции за счет форсированного воздействия на миграцию гравитационных сил, десорбции, деформаций пород, уплотнения глин, награвания водонасыщенных толщ, повышения растворимости нефти при нагревании и увеличения капиллярных сил. Эти факторы миграции могут рассматриваться как тектоно-возбудимые. Лишь такой фактор миграции, как диффузия, оказывается индифферентным к режиму тектонических движений. В тектонически спокойные эпохи тектоно-возбудимые факторы миграции проявляются относительно

замедленно, в связи с чем темпы миграции будут существенно пониженными.

Следовательно, циклическое усиление и ослабление тектонических движений имеет следствием определенную цикличность процессов миграции. Эта цикличность будет выражаться в общем случае в периодическом усилении и ослаблении миграционного процесса, частота цикличности которого соответствует частоте цикличности тектогенеза. Циклический режим миграции необходимо учитывать при разработке теоретических основ формирования месторождений нефти и газа, имея в виду, что в конкретных регионах ход тектонической цикличности может заметно отличаться от глобальных закономерностей.

Между тем обычно схема механизма миграции рассматривается односторонне — рассматривается лишь влияние сравнительно равномерного во времени погружения нефтематеринских пород, формирующего поток постепенно мобилизующихся из нефтематеринских свит углеводородов. Нам представляется, что в общем случае схема миграции должна предусматривать учет двух накладывающихся друг на друга во времени процессов: сравнительно монотонного процесса погружения нефтегазоносных комплексов в нефтегазоносных бассейнах под влиянием эпейрогенических или изостатических сил и циклического процесса тектонической активности.

Учет влияния на миграции нефти и газа явлений цикличности тектогенеза (особенно среднечастотных) существенно усложняет теоретические основы миграции. Мобилизация и транспортировка нефти и газа из нефтематеринских свит не может рассматриваться только как простое следствие различия термодинамических потенциалов в зонах погружения и в вышерасположенных зонах аккумуляции, формирующихся в обстановке геостатических давлений и стабильных тепловых потоков.

Предлагаемая нами модель процессов миграции имеет несколько важных следствий, из которых уместно обратить внимание на следующие.

1. В различное геологическое время в однотипных регионах главная зона нефтегазообразования (ГЗН) может располагаться на разных глубинах: меньших — в эпохи тектонической активности и больших — в эпохи относительного тектонического покоя. Поэтому естественен широкий диапазон оценок глубин, характеризующих, по мнению различных исследователей, ГЗН.

Установленные факты высоких палеотемператур в палеозое в районах древних платформ, в мезозое — на молодых платформах показывают, что тепловый поток в тектонически активные эпохи геологического прошлого был заметно выше современного.

2. В тектонически активные эпохи мобилизация нефти и газа происходит сравнительно быстро и полно, а скорость вторичной миграции заметно увеличивается. В эпохи относительного тектонического покоя процессы миграции протекают замедленно, а мобилизация нефти из ОВ относительно менее полная. Это означает, что состав нефтей и мигрирующих флюидов может оказаться

неоднотипным даже в случае одинакового состава исходного органического вещества.

3. Остаточное органическое вещество (ООВ) после прохождения ГЗН сначала в тектонически активную эпоху, а затем в эпоху относительного тектонического покоя будет генерировать относительно мало (вплоть до нуля) нефти и газа. Напротив, остаточное органическое вещество после прохождения ГЗН сначала в эпоху относительного тектонического покоя, а позднее в тектонически активную эпоху будет продолжать генерировать нефть и газ.

4. Представления о наиболее благоприятных условиях для миграции в эпохи относительных погружений, о методах расчетов длительности циклов водообмена (М. С. Бурштар, И. В. Машков и др.), не учитывающие воздействия цикличности среднечастотных тектонических процессов, должны быть откорректированы.

5. Поскольку миграция нефти и газа является необратимым процессом, то воздействие цикличности тектонической активности, носящей непрерывно-прерывистый (квантованный) характер, обуславливает многократно-импульсный режим функционирования тектоно-возбудимых факторов миграции. Поэтому воздействие тектонических сил на миграцию уместно сравнивать с работой поршневого насоса, многократно и импульсно проталкивающего практически не сжимаемые флюиды в зоны аккумуляции нефти и газа. При этом активизация миграции и усиление формирования месторождений нефти и газа происходят в тектонически активные эпохи.

§ 5. ЯВЛЕНИЯ ЦИКЛИЧНОСТИ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВЕННЫЕ ПУТИ МИГРАЦИИ

Широкое распространение получили представления о том, что вторичная миграция осуществляется либо путем преимущественно латерального перемещения — по напластованию, либо путем преимущественно вертикального перемещения углеводородов — поперек напластования. Относительная роль обеих разновидностей миграции является предметом дискуссий. Эти дискуссии не носят чисто академического характера, а тесно связаны с выбором направлений и методики поисков залежей нефти и газа.

Преобладание латеральной миграции имеет следствием преимущественную концентрацию запасов нефти и газа в ловушках и ближайших по разрезу к нефтегазоматеринским свитам коллекторских породах, которые рассматриваются как регионально перспективные комплексы.

Доминирующая роль вертикальной миграции означает, что, напротив, перспективы нефтегазоносности связаны с зонами перетоков из нижележащих горизонтов в вышележащие. В этих случаях поиски зон, наиболее благоприятных для таких перетоков, и ловушек вблизи них являются главной задачей поисковых работ.

Очевидно, что благоприятные условия для развития различных форм миграции определяются конкретными геологическими особен-

ностями различных регионов. Решение проблемы преобладания латеральной или вертикальной миграции представляет определенный интерес, поскольку позволяет концентрировать внимание на разработке важных для поисков нефти и газа вопросов.

Для выяснения главных тенденций необходимо изучить роль различных механизмов миграции на платформах, с которыми связаны основные запасы нефти и газа.

Цикличность нефтегазообразования, объективное существование которой доказано вполне убедительно, находится в противоречии с представлениями о превалирующей роли вертикальной миграции.

Анализ палеотектонических особенностей развития бассейнов осадочных пород молодых плит СССР и Волго-Урала и месторождений нефти и газа с учетом литологических, геохимических и гидрогеологических критериев, позволил М. Я. Рудкевичу (1974) сформулировать ряд выводов по условиям формирования месторождений углеводородов на платформах.

«Нефтегазоносные комплексы и подкомплексы являются одновременно и нефтегазопроизводящими; образование залежей углеводородов в них осуществляется преимущественно в ходе внутрирезервуарной миграции; т. е. путем перемещения флюидов в пределах ограниченных снизу и сверху проницаемых толщ» (М. Я. Рудкевич, 1974, стр. 171).

Этот вывод полностью разделяется К. В. Боголеповым и А. А. Трофимуком (1975), которые считают его основанным на конкретном, обширном и хорошо осмысленном материале и совершенно справедливым для относительно слабо дислоцированных отложений чехла платформ. Н. Ю. Успенская (1967) указывала на сингенетичную нефтегазоносность скоплений нефти и газа на молодых плитах.

В целом можно констатировать, что представления о преобладающей роли латеральной миграции принимаются ныне большинством исследователей.

Идеи о значительном распространении или превалирующей роли вертикальной миграции во многом базируются на представлениях о широком развитии в осадочном чехле крутопадающих разрывных нарушений. Сторонники этой идеи нередко обосновывают свои заключения утверждениями о существовании приуроченности нефтяных и газовых месторождений к зонам разломов.

Число сторонников доминирующей роли вертикальной миграции невелико. Они преобладают среди ученых, стоящих на позиции неорганического происхождения нефти (Н. А. Кудрявцев, В. Б. Порфирьев, Г. Н. Доленко), среди последователей идеи зарождения нефти и газа в зонах Беньюфа (О. Г. Сорохтин, С. А. Ушаков, В. В. Федьинский). Сравнительно мало сторонников преимущественной вертикальной миграции нефти и газа среди ученых, признающих органическое происхождение нефти.

К. Б. Аширов связывает формирование всех залежей Волго-Уральской провинции с вертикальной миграцией по разломам из доманиковых отложений. Рассмотрению роли разломов при формировании месторождений нефти и газа посвящена монография

В. П. Гаврилова (1975), который указывает: «Анализ территориального распределения месторождений нефти и газа в пределах исследованных регионов Западно-Сибирской, Скифской и Туранской плит показывает, что количество продуктивных структур значительно возрастает в приразломных зонах».

Необходимо отметить, что проведение объективного статистического анализа фактических материалов не позволяет согласиться с обоснованностью подобных заключений. А. Э. Конторович, К. И. Микуленко, В. С. Старосельцев и Э. Э. Фотиади (1972), изучая влияние глубинных и региональных разломов на нефтегазоносность Западно-Сибирской плиты, приходят к заключению, что расстояние до разлома для юрских залежей «является неинформативным признаком», т. е. не обнаруживается никакой связи между расстоянием до разлома и нефтегазоносностью ловушек в юрских отложениях.

Для неокомских залежей обнаружена обратная зависимость: с увеличением расстояния от нарушения увеличивается относительная роль месторождений и уменьшается количество пустых структур. Наиболее благоприятные условия для нахождения залежей нефти и газа отмечаются на расстоянии свыше 40 км от разлома.

В Западно-Сибирской низменности установлена определенная связь между грабенами-рифтами в доюрском комплексе и продуктивностью локальных поднятий, возрастающей по мере приближения к этим региональным структурам. Анализируя природу этой связи, легко увидеть, что к зонам доюрских грабенов-рифтов тяготеют оси областей преобладающего прогибания платформенного чехла, где нефтематеринские толщи в условиях относительно повышенного теплового потока и преимущественного погружения раньше проходили главную зону нефтегазообразования.

Убедительным свидетельством подчиненной роли вертикальной миграции по зонам разломов даже в региональных структурах типа грабенов-рифтов являются результаты исследований Е. К. Гончарова, Б. П. Кабышева и А. Ф. Шевченко (1972), впервые выполнивших статистический анализ связи разломов и продуктивности локальных поднятий в Днепровско-Донецкой впадине. Изучались связи между продольными и поперечными зонами разломов, протрассированными М. В. Чирвинской, Г. Н. Доленко и И. Г. Барановой с 43 продуктивными и 50 непродуктивными (до глубины 3000 м) структурами. В результате анализа оказалось, что статистическая связь между месторождениями газа и нефти Днепровско-Донецкой впадины и различными разломами, выделяемыми разными авторами, отсутствует. Доля продуктивных структур, тяготеющих к зонам разломов, во всех случаях оказалась практически тождественной доле продуктивных структур внеразломных областей.

Можно указать на следующие типичные неточности, допускаемые сторонниками вертикальной миграции по разломам.

1. В качестве разломов принимаются нарушения, выделяемые по геофизическим данным во внутренней структуре фундамента. Порой сеть этих нарушений оказывается чрезвычайно густой.

Однако эти разломы не проникают в платформенный чехол, не фиксируются здесь разрывами сплошности и не могут обусловить вертикальную миграцию.

2. Некоторые исследователи как доказательство связи с разломами рассматривают тяготение месторождений к флексуно-разрывным зонам. При этом преобладающим типом таких зон являются пологие платформенные флексуры, где происходит не вертикальная, а латеральная миграция по напластованию.

3. Выявление повышенных концентраций гелия рассматривается нередко как свидетельство вертикальной миграции по разломам (Р. И. Быков, Б. А. Шустер, 1972 и др.). Это утверждение весьма дискуссионно: миграционная способность гелия несопоставима с миграционной способностью углеводородов, поэтому миграция гелия может происходить через многие горизонты, являющиеся надежными покрышками для углеводородов.

4. Бездоказательно допускается длительное существование разрывов. Между тем в мощных глинистых и соляных покрышках длительное существование в условиях высокого всестороннего давления зияющих трещин невозможно. Пластичность (текучесть) глин и солей приводит к быстрому залечиванию трещин, что подтверждено многочисленными экспериментами. Об этом свидетельствуют также нередкие случаи совпадения высот нефтяных залежей в одних и тех же горизонтах на разных блоках, разделенных разломами.

5. Наличие трещиноватости рассматривается как фактор, благоприятствующий вертикальной миграции по разломам. Между тем, как показали В. С. Вышемирский, А. Э. Конторович и А. А. Трофимук (1971), миграция по трещинам оказывается более выигрышной для перемещения нефти из глин в ближайший коллектор и менее пригодна для перемещения нефти из одного коллектора в другой. Причинами этого являются преимущественная ограниченность большей части трещин пределами отдельных пластов, большая разница в проницаемости между порами глин и трещинами, чем между порами коллекторов и трещинами. Наконец, перепад давлений между пластами глин и коллекторов обычно значительно больший, чем между смежными пачками коллекторов.

Важно подчеркнуть, что материалы, приводимые сторонниками вертикальной миграции, являются количественно не охарактеризованными, а методика составления этих материалов остается нестрогой, допускающей произвольные толкования. Так, В. П. Гаврилов, приводя графически распределения локальных структур и месторождений по степени удаленности от разломов, не указывает, какие структуры (выявленные, подготовленные) им использованы, какие месторождения учитывались при подсчете запасов. Построения такого типа трудно проверить, и достоверность их неубедительна.

Конкретный геологический анализ показывает, что в подавляющем большинстве случаев утверждения о связи месторождений нефти и газа с вертикальной миграцией по разломам являются необоснованными или дискуссионными.

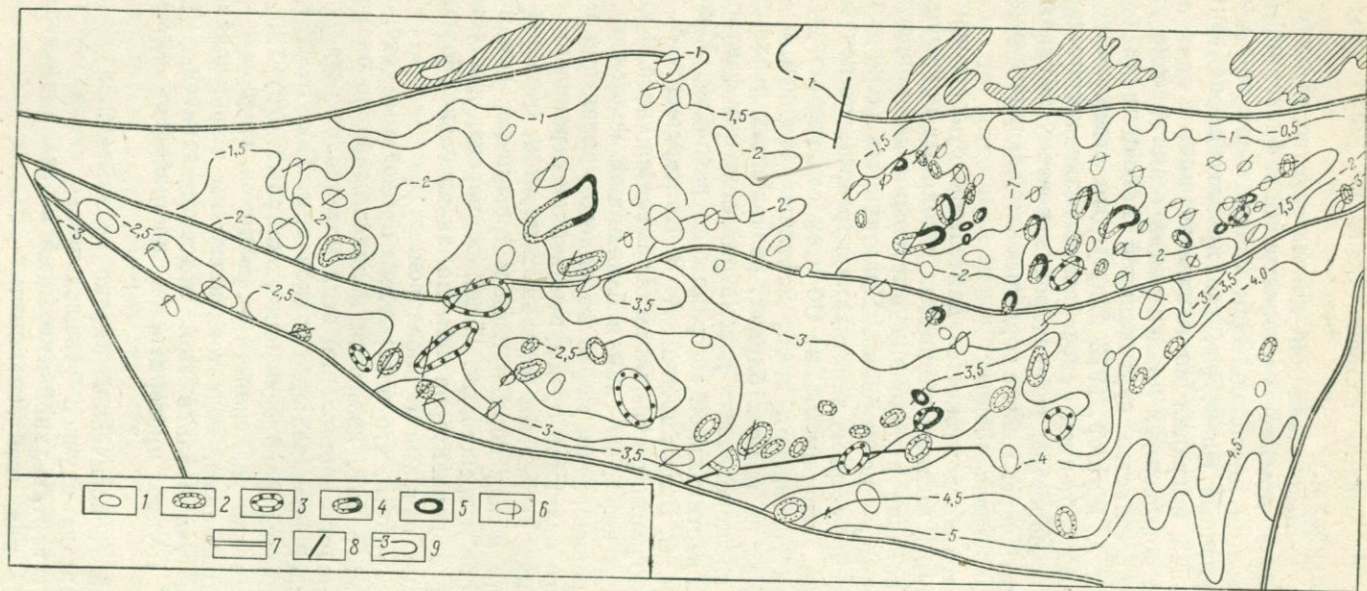


Рис. 49. Схема расположения структур и месторождений в северо-восточной части Амударьинской синеклизы
 1 — подготовленные структуры; месторождения: 2 — газовые, 3 — газоконденсатные, 4 — газонефтяные, 5 — нефтяные; 6 — структуры, осложненные разломами; 7 — основные региональные разломы; 8 — прочие разломы; 9 — изогипсы поверхности фундамента в км

Рассмотрим некоторые новые материалы геологических исследований, подтверждающие относительно скромную роль вертикальной миграции по разломам в формировании месторождений нефти и газа.

Подробные исследования о влиянии разломов на нефтегазоносность выполнены нами по северо-восточному борту Амударьинской синеклизы. Этот район представляет значительный интерес для выяснения связи разломов и нефтегазоносности по следующим соображениям.

1. Район отличается высокой степенью изученности. Здесь опосредовано глубоким бурением за 20 лет (1955—1974 гг.) 120 структур, из которых 68 осложнены разрывными нарушениями.

2. Буровыми исследованиями в районе охвачен весь платформенный разрез вплоть до фундамента.

3. Региональные нарушения и разделяемые ими ступени (Бухарская и Чарджоуская) выделяются практически всеми исследователями однотипно.

4. В районе открыто 58 месторождений, среди которых преобладают газовые.

5. Среди исследователей региона имеются сторонники как доминирующей роли латеральной миграции (А. М. Акрамходжаев, А. Б. Бабаев, А. К. Каримов и др.), так и ведущей роли вертикальной миграции (А. А. Гуляева, А. А. Карцев, Л. Г. Кузьмук, В. А. Козлов, В. П. Гаврилов и др.).

Размещение региональных разломов, подготовленных структур и месторождений приведено на рис. 49.

Проведенный нами анализ имел цель, в первую очередь, установить, как изменяются доли продуктивных структур (месторождений) и пустых структур от общего числа опосредованных в зависимости от удаления структур от разломов. Расстояние от свода структуры по перпендикуляру к ближайшему разлому принималось как мера удаленности структуры от разлома. При этом вся совокупность структур района подразделяется на шесть классов — с удаленностью 0—5 км, 6—10 км, 11—20 км, 21—30 км, 31—40 км и свыше 40 км от разломов (рис. 50).

Как видно из рис. 50, общая доля пустых структур из числа разбуренных систематически возрастает по мере приближения к региональным разломам, а доля открытых месторождений систематически возрастает по мере удаления от региональных разломов. Если при удалении от разлома на расстояние до 10 км из 37 разбуренных структур только 11 стали месторождениями (30%), то при удалении на 31—40 км из 15 разбуренных структур 10 структур (66%) стали месторождениями. При удалении до 20 км от разломов выявлено около 20% запасов, а при удалении 20—40 км обнаружено 75% запасов. В четырех месторождениях, удаленных от разломов максимально (40—50 км), сосредоточено больше запасов, чем во всех 11 месторождениях, непосредственно примыкающих к разлому (удаленных до 10 км). Очевидно, что в свете приведенных данных отыскивать какое-либо позитивное влияние региональных разломов на нефтегазоносность нет никаких оснований.

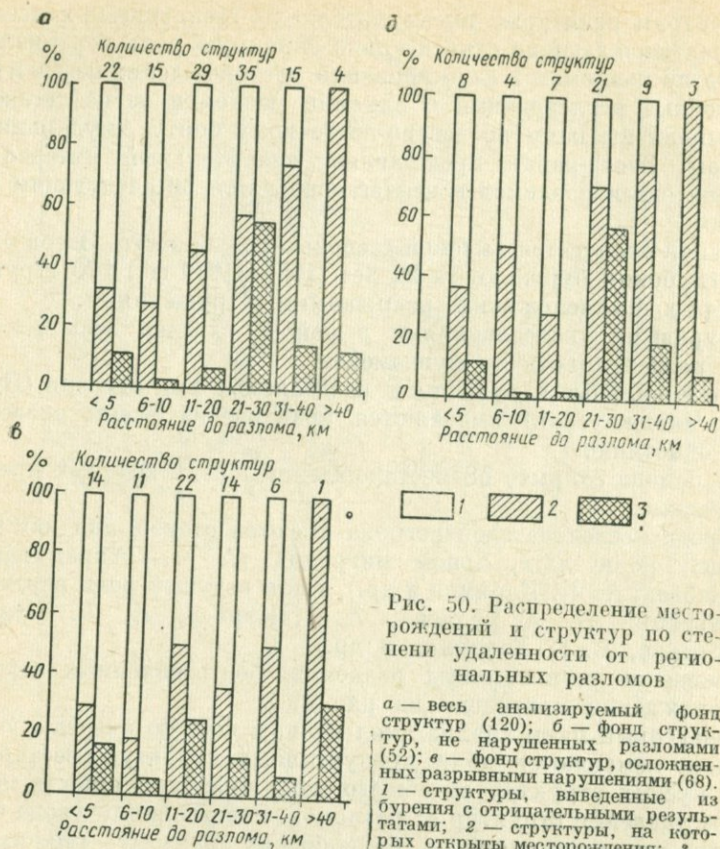


Рис. 50. Распределение месторождений и структур по степени удаленности от региональных разломов

а — весь анализируемый фонд структур (120); б — фонд структур, не нарушенных разломами (52); в — фонд структур, осложненных разрывными нарушениями (68). 1 — структуры, выведенные из бурения с отрицательными результатами; 2 — структуры, на которых открыты месторождения; 3 — запасы углеводородов (в %)

Определенные закономерности намечаются при анализе результатов поисковых работ на структурах, осложненных разрывными нарушениями (68 площадей), и ненарушенных (52 площади) (рис. 50). На осложненных разрывах площадях коэффициент успешности поисков составил 39%, а на ненарушенных площадях — 62%, т. е. значительно более высокий. Суммарные запасы углеводородов на ненарушенных площадях в 5 раз больше запасов на структурах с разрывами.

В свете изложенного становится очевидным, что близость к региональным разломам и наличие разрывов на структуре в Амударьинской синеклизе должны рассматриваться как статистически неблагоприятные показатели при оценке вероятности обнаружения месторождений нефти и газа на подготовленных к глубокому бурению структурах.

Нами был выполнен аналогичный анализ пребывавших в поисковом бурении 120 структур Восточной Туркмении, 469 структур Западной Сибири, 91 структуры Северного Предкавказья, 160 структур казахской части Туранской плиты. Во всех регионах молодых плит не установлено положительной роли близости регио-

нальных разломов или нарушенности разрывами структур на их нефтегазоносность.

Тем самым становятся очевидными статистически преимущественно негативное влияние разломов на нефтегазоносность и их подчиненная роль как путей миграции в формировании месторождений нефти и газа.

Подводя итоги рассмотрения роли вертикальной миграции в формировании месторождений нефти и газа, отметим следующее.

1. Цикличность нефтегазообразования, фиксируемая в конкретных регионах по различным геохимическим характеристикам углеводородов С. П. Максимовым, Н. А. Еременко, Т. А. Ботневой, Р. Г. Панкиной и другими исследователями, свидетельствует о подчиненной роли вертикальной миграции.

2. Глобальные мегациклы нефтегазообразования, фиксируемые по статистическому распределению общемировых запасов нефти и газа и генетической характеристике нефтей, также свидетельствуют о подчиненной роли вертикальной миграции.

3. Представления о благоприятной роли разрывных нарушений как агентов вертикальной миграции, определяющих формирование большинства месторождений на платформах, не подтверждаются материалами статистического анализа опосредованных площадей и месторождений нефти и газа в платформенном чехле.

Сделанные выводы справедливы в первую очередь для месторождений нефти и газа в отложениях осадочного чехла платформ и окраинно-геосинклинальных впадин, с которыми связаны основные, известные ныне, запасы нефти и газа.

Весьма вероятно, что роль вертикальной миграции будет более значительной при формировании залежей нефти и газа в более плотных и хрупких породах промежуточного структурного этажа платформ (где изменения физических свойств по латерали весьма значительны, что существенно затрудняет миграцию вдоль напластования), в геосинклинальных и складчатых областях, а также в надсолевых толщах солянокупольных регионов, где крутопадающие разрывные нарушения широко распространены.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО ЦИКЛИЧНОСТИ И ИХ ВАЖНЕЙШИЕ СЛЕДСТВИЯ

В предыдущих главах нами были рассмотрены материалы по изменчивости и цикличности глобальных характеристик тектогенеза, магматизма, осадконакопления, климата, магнитного и некоторых других физических полей Земли, намечены закономерности цикличности угле- и нефтегазообразования в течение фанерозойского времени. Исследования каждого из этих явлений выполнялись по независимым данным, с максимально возможным использованием количественных и полуколичественных оценок. Наиболее определенные и представительные данные получены по изменчивости глобальных характеристик тектогенеза, седиментогенеза, климата и геомагнитного поля, поэтому цикличность именно этих процессов должна учитываться в первую очередь и сопоставляться с цикличностью угле- и нефтегазообразования. Полученные итоговые графики, характеризующие цикличность наиболее представительных рассмотренных явлений, изображены на рис. 51, где приведены также графики углеобразования и нефтегазообразования, к анализу которых мы обратимся ниже.

Указанные графики описывают фанерозойский режим важнейших аспектов геологической обстановки, их совместный анализ позволяет осветить особенности развития нашей планеты за последние 600 млн. лет, которые, несомненно, оказывают влияние на закономерности формирования месторождений полезных ископаемых.

§ 1. КОРРЕЛИРУЕМОСТЬ ЯВЛЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ

Легко видеть, что режимы тектогенеза, осадконакопления, магнитного поля и климата существенно неоднотипны, однако все они обладают безусловными чертами изменчивости, что отражает общий диалектический закон существования материального мира. Все рассмотренные явления в своей изменчивости обнаруживают черты цикличности, которые выявляются как главная характеристика изменчивости рассматриваемых параметров, при относительно меньшем отображении поступательности, направленности. Направленность развития наиболее четко проявляется в постепенном общем сокращении площадей морского осадконакопления в пределах континентов, в изменениях биосферы.

Цикличность рассмотренных явлений неоднотипна и различается по длительности циклов (по периоду) и по виду.

Намечаются три разновидности средне- и низкочастотной глобальной цикличности.

I. Среднечастотная цикличность с периодом около 45 млн. лет присуща тектоническим движениям, которые никогда не затухают; интенсивность их, принятая за единицу в эпохи относительного покоя, в эпохи активности достигает 4 единиц. Цикличность имеет вид сравнительно равномерного двухтактного процесса, статистически устойчива, без резких отклонений в течение большей части фанерозоя.

График тектонической цикличности обнаруживает наибольшие отклонения от правильного хода, некоторые «сбои» только в позднем палеозое. В этот период тектоническая цикличность при общем сохранении частоты становится менее контрастной, относительно возрастает интенсивность тектонических процессов в эпохи тектонического покоя и уменьшается интенсивность этих процессов в тектонически активные эпохи.

Вероятно, эта цикличность отображается в волновых циклических колебательных движениях отдельных материков, но она не контролирует глобальную цикличность осадконакопления, глобальные трансгрессии и регрессии. Цикличность с периодом около 45 млн. лет наиболее отчетливо проявляется в литологических индикаторах (И. А. Одесский), она находит определенное отображение и в длительности кварталов специфического магнитного поля, сравнительно близки по длительности и эпохи великих оледенений и засолонений. Однако, безусловно, самым четким и надежным отображением среднечастотной цикличности с осредненным периодом около 45 млн. лет являются процессы тектогенеза.

II. Низкочастотная цикличность с периодом 150—170 млн. лет фиксируется цикличностью изменений магнитного поля для всего фанерозоя и глобальных характеристик климата в палеозое. Внутренняя структура циклов, обладающих таким периодом, сложна. Циклы разделяются на два полуцикла и, по-видимому, на четыре квартала. Цикличность имеет скорее всего четырехтактный вид и объединяет различные по дифференциации и фазе такты. Наряду с кварталами относительного покоя отмечаются кварталы повышенной дифференцированности. Выделение каждого из кварталов затруднено общим дефицитом информации и ее низкой точностью, однако четырехтактная разбивка циклов представляется весьма вероятной.

Несмотря на близкие величины периодов цикличности магнитного поля и глобального климата имеют различный вид. Изменение климата протекает прерывисто, причем около половины длительности цикла занимают периоды относительно стабильного фонового климата, лишь несущественно изменяющегося в фанерозое. Инверсии магнитного поля происходят с высокой частотой, изменения частоты инверсий во времени происходят гармонично и сравнительно равномерно, а среднее направление поля изменяется скачкообразно, сдвигая общий фон колебаний и четко очерчивая рубежи низкочастотных циклов. Низкочастотная цикличность с близким периодом может быть намечена по отдельным признакам и в протекании тектогенеза.

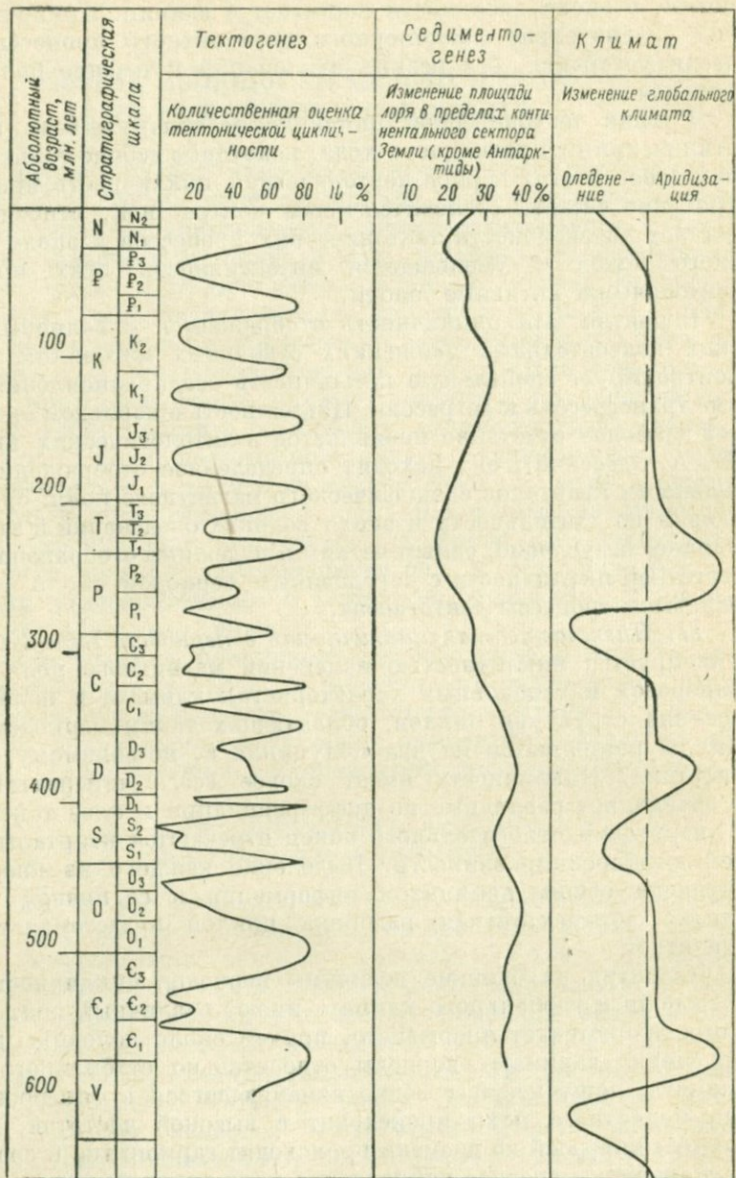
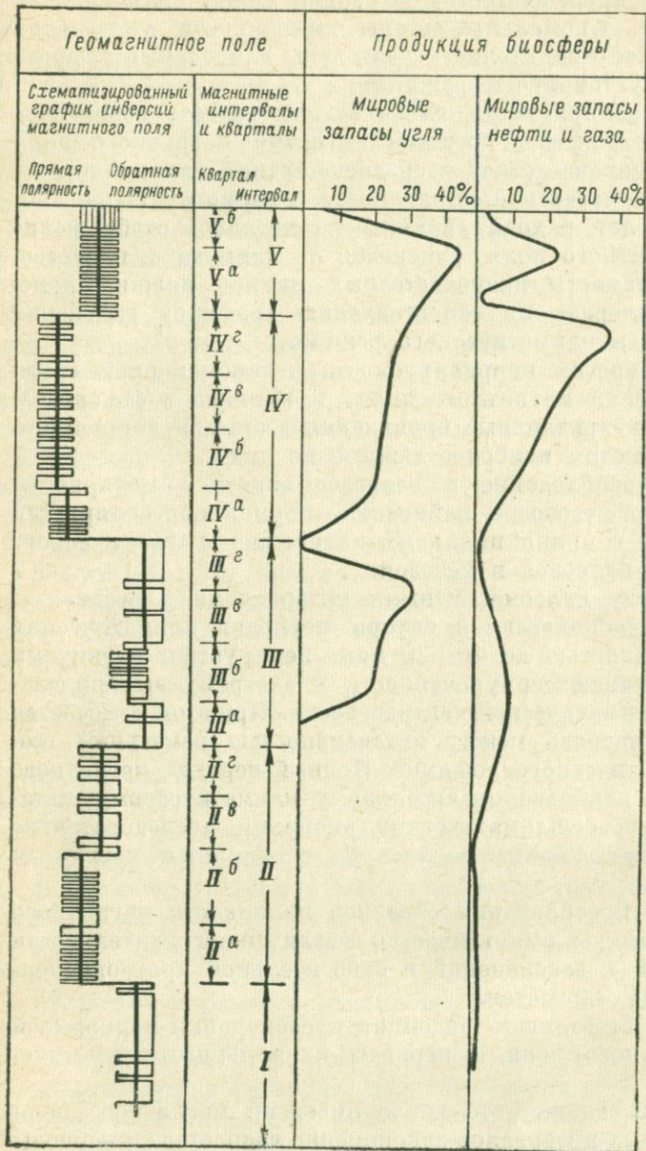


Рис. 51. Сопоставление графиков цикличности раз



личных геологических и геофизических процессов

III. Низкочастотная цикличность с периодом около 200 млн. лет намечается при анализе режима осадконакопления. Эта цикличность, по-видимому, имеет прерывистость, ее период может быть намечен лишь приближенно. Аномальные этапы цикличности этого типа имеют многоаспектное проявление и разделены длительными периодами стабильного устойчивого режима.

Рассмотрим коррелируемость явлений тектогенеза, седиментогенеза, глобального климата, режима инверсий магнитного поля при проявлениях низкочастотной и среднечастотной цикличности.

Проявления низкочастотной цикличности с периодом более 140, но менее 190 млн. лет находят наиболее отчетливое отображение в режимах геомагнитного поля фанерозоя и климата в палеозое. Поэтому коррелируемость низкочастотных циклов должна намечаться в первую очередь по сопоставлению графиков изменения геомагнитного поля и климатического режима.

Обращаясь к вопросам коррелируемости и закономерной связи цикличности изменений магнитного поля и климата в фанерозое, мы можем указать на различные проявления взаимной корреляции этих процессов. Отметим наиболее важные из них.

1. Отчетливое преобладание в палеозое обратной полярности магнитного поля, а в мезозое — кайнозое — нормальной полярности хорошо согласуется с принципиальным изменением климатического режима на рубеже палеозоя и мезозоя.

2. Границы между палеомагнитными интервалами в среднем и позднем палеозое располагаются внутри периодов климатических катаклизмов. С точностью до 10—20 млн. лет рубежи магнитных интервалов обнаруживают приуроченность к экстремумам аридизации и к усилению климатической контрастности. При этом отмечается определенная взаимосвязь между интенсивностью изменений геомагнитного и климатического режимов. Полный переход магнитного поля соответствует наиболее значительному климатическому катаклизму. Интенсивность климатических аномалий последовательно убывает от неполных переходов типа А к неполным переходам типов В и Б.

3. В интервалы преобладания обратной полярности магнитного поля климатический режим отличается увеличением длительности великих оледенений и засолонений и относительной кратковременностью нормальных климатов.

4. Наблюдается отчетливая тенденция преобладания нормальной полярности магнитного поля в периоды нормального климатического режима.

Следует отметить также, что число инверсий магнитного поля вне границ магнитных интервалов закономерно возрастает в периоды климатической стабильности. Напротив, к периодам климатических катаклизмов приурочено заметное уменьшение частоты инверсий магнитного поля.

Таким образом, мы можем констатировать, что режимы геомагнитного поля и глобального климата хорошо согласуются друг с другом по продолжительности палеозойских низкочастотных цик-

лов, но несколько смещены по фазе. Начало и конец соответствующих низкочастотных циклов отличаются на первые десятки миллионов лет. Закономерности проявления климатической и геомагнитной цикличности столь колоритны и недвусмысленны, что весьма вероятной представляется их значительная генетическая общность.

Рассмотренные проявления цикличности тектогенеза, седиментогенеза, геомагнитного поля и глобального климата показывают, насколько своеобразны связи между этими явлениями. В качестве наиболее распространенной формы таких связей обычно упоминают зависимость между тектоникой, рассматриваемой в виде первоосновы геологической обстановки, и другими геолого-геофизическими явлениями.

Тектонический режим, обусловленный эндогенными земными процессами, наиболее выразительно характеризуется среднечастотной общеземной цикличностью, что не свойственно процессам глобального климата и глобальных трансгрессий и регрессий, но находит отражение в соответствующем изменении состава осадочных отложений. Границы низкочастотных циклов тектогенеза, намечаемые по понижению интенсивности тектонически активных эпох, обнаруживают определенную корреляцию с общемировыми регрессиями и климатическими пароксизмами в среднем и позднем палеозое, и в первом приближении совпадают с эпохами оледенений.

Таким образом, анализ коррелируемости режимов тектогенеза, седиментации, глобальных климатов и магнитного поля показывает, что в них находят отображение три разновидности низкочастотной цикличности.

Нам представляется, что при рассмотрении фанерозойской истории Земли имеются все основания говорить о позднепалеозойском «феномене», который, возможно, отображает проявления прерывистой цикличности с периодом, значительно большим, чем 200 млн. лет. Для достоверного выделения такой цикличности необходимо рассмотреть более длительный, чем фанерозой, интервал геологической истории Земли, что требует специального исследования.

В отличие от всех интервалов фанерозоя ко времени позднепалеозойского «феномена» приурочены:

а) наиболее значительные «сбои» в кривой тектонической изменчивости;

б) резкое изменение масштабов морского осадконакопления на планете;

в) аномальное устойчивое магнитное поле обратной полярности и единственный в фанерозое полный переход от интервала обратной полярности к интервалу прямой полярности;

г) наиболее резкий «всплеск» климатической дифференциации, вслед за которым произошло принципиальное изменение климатического режима планеты.

К рассматриваемому интервалу времени обычно относят важные изменения в биосфере, что закреплено в названиях геологических эр (мезозой и палеозой), начало распада Гондваны, резкое изменение направлений миграции магнитного полюса, наконец, мини-

мальные уровни нефте-, газо- и углеобразования. Таким образом, к позднему палеозою — раннему триасу приурочены события, которые отображаются в широкой гамме геологических и геофизических явлений, хорошо коррелируемых друг с другом.

Возможно, что еще один тип низкочастотной цикличности контролирует альгонкский (верхнепротерозойский) перелом 1050—1100 млн. лет и беломорский перелом 1850—1950 млн. лет, когда происходили наибольшие наращивания континентальной земной коры (Р. Лаутербах, 1971 и др.). Учитывая, что в этом случае период цикличности составит примерно 800 млн. лет, а возраст Земли 5,0—6,0 млрд. лет, такую цикличность можно назвать инфранизкочастотной цикличностью I порядка. По-видимому, этим типом инфранизкочастотной цикличности объясняются события на рубеже палеозоя и мезозоя.

Нам представляется, что гипотезы об основополагающем значении общеземного режима тектонических процессов и их определяющей роли в изменениях глобального климата и геомагнитного поля не могут быть поддержаны или требуют существенных корректив.

Следует признать, что геологические процессы, будучи многосторонними и разнопричинными, отнюдь не управляются (контролируются) каким-либо единым универсальным механизмом. Поэтому среди различных геологических процессов отмечаются проявления цикличности различной частоты, которые в пространственно-временных координатах разнохарактерно накладываются друг на друга, создавая весьма разнообразное сочетание геологических ситуаций. Нам кажется, что упрощение геологических ситуаций, рассмотрение их как следствия некоторого одного общего эндогенного механизма не отвечают современному уровню информации. Геологические ситуации обусловлены совокупностью разнопричинных связей и необходимы настоячивые поиски этих причин и выяснение подлинной сущности их связи.

Представляется очевидным, что три указанных вида цикличности скорее всего имеют различные причины. Вместе с тем близость проявлений цикличности режимов климата и геомагнитного поля говорит об обусловленности их некоторой единой совокупностью причин.

Ниже проблемы причин наблюдаемой цикличности будут рассмотрены более подробно. Прежде чем перейти к этим вопросам, представляется целесообразным, ограничившись сделанными замечаниями, рассмотреть природу цикличности нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции.

§ 2. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ СРЕДНЕЧАСТОТНОЙ И НИЗКОЧАСТОТНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЕМ

Проблема генезиса основных запасов нефти и газа продолжает оставаться на повестке дня современной науки. Проведенные недавно дискуссии показали обоснованность теории органического

генезиса нефти и газа, сторонниками которой является подавляющее большинство специалистов.

Между тем сторонники неорганического происхождения нефти и газа выдвигают все новые схемы и модели, обосновывающие гипотезу неорганического синтеза углеводородов и гипотезу их глубинного происхождения. Еще один импульс дискуссии о происхождении нефти придан гипотезами новой глобальной тектоники, основываясь на отдельных положениях которой Х. Хедберг (1970) и более развернуто О. Г. Сорохтин, С. А. Ушаков и В. В. Федынский (1974) развивают представления о глубинном происхождении нефти и газа, источником которых служит засасываемое в мантию в зонах Бенъофа ОВ, накопленное в океанических осадках. Поэтому выявление новых доказательств созревания захороненной органики, миграции и аккумуляции основных количеств нефти и газа в породах осадочного генезиса в верхней части земной коры продолжает оставаться актуальной научной задачей.

Рассмотрим с позиций возможного генезиса нефти и газа полученные результаты наших исследований цикличности масштабов нефтегазообразования. Выше мы показали, что мегациклы фанерозойского нефтегазонакопления характеризуются продолжительностью 140—180 млн. лет и отчетливо коррелируются, начиная со среднего палеозоя, с циклами угленосности. Как известно, генезис угольных месторождений не вызывает дискуссий и все они связываются с захоронением органики в осадочных породах непосредственно в местах ее обитания, без какой-либо транспортировки из нижележащих или вышележащих толщ. Поэтому хорошая коррелируемость общемировых запасов нефти и газа и запасов угля не только служит убедительным свидетельством происхождения нефти и газа из органического вещества, но и подтверждает ограниченную роль вертикального перемещения основных запасов нефти и газа, преимущественное сохранение их в тех же самых комплексах и толщах, где произошла их генерация.

Рассмотрим далее коррелируемость циклов нефтегазообразования с цикличностью и изменчивостью различных геолого-геофизических процессов.

Первым наиболее примечательным выводом из рассмотрения графиков, представленных на рис. 51, является то, что *глобальная цикличность нефтегазообразования и нефтегазонакопления не коррелируется непосредственно с цикличностью глобальных среднечастотных тектонических процессов*. В то время как глобальные мегациклы нефтегазообразования имеют частоту 140—180 млн. лет, общемировая тектоническая цикличность характеризуется преимущественно средним периодом около 45 млн. лет. Вместе с тем корреляция между низкочастотными тектоническими циклами, намечаемыми по понижению активности мобильных эпох, и мегациклами нефтегазонакопления (см. рис. 12 и 51) устанавливается довольно определенно.

Необходимо подчеркнуть, что выдвигаемый нами тезис отнюдь не отвергает ведущей роли тектонической обстановки в формировании месторождений нефти и газа, ибо, несомненно, направление

миграции и образование ловушек определяются тектоническими движениями. Однако ведущая роль тектонических критериев в прогнозе нефтегазоносности в конкретных районах вовсе не означает, как нередко думают, что глобальные мегациклы нефтегазоносности также обусловлены преимущественно тектоническими процессами.

Здесь мы вновь сталкиваемся с положениями о закономерных специфических особенностях взаимосвязи явлений на различных уровнях организации вещества. Нам представляется, что ведущая роль тектонической обстановки в формировании отдельных месторождений и нефтегазоносных бассейнов не должна автоматически переноситься на взаимосвязь глобальных процессов цикличности тектогенеза и нефтегазообразования.

Необходимо отметить, что представления об отсутствии связи между преобладающей среднечастотной цикличностью тектогенеза и низкочастотными мегациклами нефтегазообразования находятся в хорошем логическом соответствии с теорией органического происхождения нефти и газа. Тектогенез тесно связан с магматизмом и, несомненно, обусловлен эндогенными процессами и эндогенными силами, генерируемыми преимущественно в подкоровых зонах Земли. Напротив, органическая материя, биосфера, развита главным образом в экзосфере Земли, на поверхности литосферы и в гидросфере. Поэтому корреляция цикличности общеземных процессов тектогенеза и цикличности нефтегазообразования свидетельствовала бы о генетической или парагенетической взаимосвязи этих процессов, т. е. косвенно согласовывалась бы с гипотезой глубинного (мантийного) происхождения нефти и газа. Слабая корреляция цикличности общепланетарного тектогенеза и цикличности нефтегазообразования подтверждает их обусловленность различными генетическими причинами и механизмами.

Второй вывод, который может быть сделан из рассмотрения графиков рис. 51, состоит в том, что *глобальная цикличность нефтегазонакопления лишь в общих чертах коррелируется с цикличностью седиментогенеза*. Общий режим цикличности этих процессов существенно неоднотипен. Однако выразительный триасовый минимум площадей морского осадконакопления четко коррелируется с минимумом нефтегазообразования. Меловой максимум осадконакопления примерно отвечает усилению нефтегазообразования, а раннедевонско-силурийская (?) регрессия отвечает минимуму нефтегазообразования. Каменноугольный и юрский максимумы нефтегазообразования не коррелируются с режимом седиментогенеза.

Это показывает, что однозначной связи между общемировыми режимами нефтегазообразования и седиментогенеза не имеется. В этом случае, как и в случае тектогенеза, оказывается, что привычные зависимости между общим объемом осадочных пород и нефтегазоносностью, установленные на региональном уровне организации вещества, не соблюдаются на планетарном уровне организации вещества. Это явление хорошо согласуется с теорией органического происхождения нефти и газа, так как с позиций этой теории первоначально важными являются не столько масштабы осадконакопле-

ния, сколько количество и состав захороненного органического вещества.

Третий вывод из рассмотрения взаимосвязи цикличности различных общепланетарных природных процессов и цикличности нефтегазообразования состоит в том, что *глобальная цикличность нефтегазообразования, характеризуемая периодом в 140—180 млн. лет, наилучшим образом согласуется с цикличностью изменений климата и режима инверсий геомагнитного поля*, которые обладают сходной низкочастотной цикличностью с близкими периодами.

Учитывая сравнительно низкую точность датировок рассматриваемых явлений, совпадение продолжительности их циклов следует признать весьма совершенным и отнюдь не случайным.

Отметим прежде всего черты коррелируемости между глобальными климатическими явлениями и нефтегазообразованием.

1. Климатические аномалистические пароксизмы не совпадают с максимумами нефтегазообразования. Особенно выразительно несовпадение максимумов великих оледенений и нефтегазообразования. С позиций органической теории образования нефти и газа это находит естественное объяснение. Нестабильность климатической обстановки, очевидно, имела следствием определенное сокращение продуктивности биомассы. Это снижение продуктивности было особенно значительным в периоды великих оледенений, когда наряду с некоторым сокращением площади шельфов (неизбежным ввиду концентрации части воды в виде льда на суше) определенная часть их покрывалась вечными или сезонными льдами. Кроме того, в периоды великих оледенений существенно уменьшалась температура морской воды и сокращалась область, благоприятная для жизни меридиальных организмов, отличающихся особенно высокой продуктивностью. Сокращение продуктивности биомассы в периоды великих оледенений может рассматриваться и как непосредственное следствие уменьшения объема солнечной энергии, поступающей на Землю. Этот главный для биосферы источник энергии, аккумулируемой растениями, несомненно, оказывал контролирующее воздействие на продуктивность биомассы в целом. Уменьшение источников энергии для растений, источников питания для травоядных животных и числа жертв для хищников, бесспорно, приводило к снижению числа видов, к угнетению самых жизнестойких из них.

Поэтому аридизация климата, увеличение притока солнечной энергии, сопровождаемые, по-видимому, значительным повышением концентрации космического излучения, не приводили к быстрому возрастанию до максимума продуктивности биомассы, а лишь восполняли ущерб, нанесенный биосфере великими оледенениями.

2. Максимумы нефтегазообразования неизменно связаны с полупериодами длительных стабильных нормальных климатов, при которых, по-видимому, создаются наиболее благоприятные условия для развития и заметного повышения продуктивности органического мира.

3. Определенным отклонением от правила является сравнительно высокий уровень нефтегазоаккумуляции в среднекаменно-

угольно-раннепермских отложениях, накапливавшихся в период гондванского оледенения. Эти отклонения могут быть объяснены, во-первых, в рамках средне-позднепалеозойского «феномена» геологической истории, одним из проявлений которого было бурное развитие биосферы, причины чего мы рассмотрим ниже. Вторым возможным вариантом объяснения рассматриваемого явления может быть специфика формирования в пермско-триасовую эпоху великих засоленостей мощных непроницаемых покрышек, обеспечивавших благоприятные условия для аккумуляции и сохранения залежей углеводородов в подстилающих толщах. Отметим также, что поздний палеозой отличается аномально стабильным режимом магнитного поля.

4. Минимум нефтегазообразования на рубеже мела и палеогена, который не обусловлен климатическим пароксизмом, коррелируется с максимумом фосфоритообразования в палеоцене — эоцене (см. рис. 31). Фосфоритообразование, как полагают многие исследователи, тесно связано с развитием органического мира. Можно полагать, что в палеоцене — эоцене произошло определенное изменение в развитии или условиях захоронения органики, благоприятное для фосфоритонакопления и неблагоприятное для нефтегазонакопления. Природа этого изменения остается неясной. Однако, судя по слабым изменениям масштабов углеобразования на рубеже мела и палеогена, рассматриваемая аномалия в развитии биосферы затрагивала главным образом зоомассу и слабо повлияла на развитие наземной растительности.

5. Устойчивый климатический режим мезозоя — кайнозоя оказал весьма заметное воздействие на увеличение масштабов нефтегазообразования. Для этого интервала времени характерен и расцвет флоры и фауны, и повышение субкларков органического вещества в мезозойско-кайнозойских отложениях.

Рассмотрим теперь взаимосвязь цикличности глобальных масштабов нефтегазообразования с закономерностями изменения геомагнитного поля. Выше мы отмечали общую хорошую согласованность частоты цикличности этих явлений. Обратимся теперь к более подробному обозрению намечающихся корреляций. Сопоставление графиков, приведенных на рис. 45 и 51, показывает, что масштабы нефтегазоносности разносторонне коррелируются с режимом инверсий магнитного поля.

1. Нефтегазоносность резко уменьшается на границах магнитных интервалов и в следующих за ними первых кварталах, когда число обращений магнитного поля становится наибольшим. Это особенно заметно для пермо-триасовых и кайнозойских усилений частоты инверсий.

2. Масштабы нефтегазообразования во II и V интервалах знакопеременного магнитного поля значительно меньше, чем в смежные периоды геологической истории. Можно полагать, что при общем увеличении масштабов нефтегазообразования в венде — фанерозое с уменьшением геологического возраста, отображающим генеральное поступательное повышение продуктивности биосферы,

определенное ослабление нефтегазообразования во *II* и *V* магнитных интервалах обусловлено общим нестабильным режимом магнитного поля.

3. Благоприятными для нефтегазоносности оказываются интервалы магнитного поля устойчивой полярности. Если для *III* (средний девон — пермь) и *IV* (юра — мел) интервалов интенсивное нефтегазообразование вполне доказано, то для *I* магнитного интервала (верхи венда — первая половина кембрия) интенсивное нефтегазообразование весьма вероятно и его следует прогнозировать. Поэтому на древних платформах представляется целесообразным общее усиление исследований нефтегазоносности вендско-раннекембрийских отложений, в которых на ряде древних платформ уже сделаны промышленные открытия.

Рассмотрим природу взаимосвязи нефтегазоносности и режима инверсий магнитного поля. Отметим, что в рамках неорганической гипотезы происхождения нефти и газа такая связь не находит сколько-нибудь удовлетворительного объяснения.

Многочисленные исследования последних лет обнаружили интересные факты, свидетельствующие о важных воздействиях на биосферу режима магнитного поля. А. Н. Зудин и др. (1969) в обзорной работе по проблеме обоснования границы неогенового и четвертичного периодов указывают на тесную корреляцию границ биозон, устанавливаемых по микрофауне, с инверсиями магнитного поля, фиксируемую везде, где выполнены необходимые наблюдения: в донных осадках Атлантического, Тихого и Индийского океанов, в Антарктиде и в Западной Сибири.

Многие зарубежные исследователи в публикациях конца 60-х годов подчеркивали факт совпадения инверсий магнитного поля с вымиранием одних и появлением других видов радиоларий и фораминифер, с резким увеличением числа мутаций организмов. Последняя инверсия магнитного поля, произошедшая примерно 12,5 тыс. лет назад, хорошо совпадает с последней волной массового вымирания крупных наземных животных.

Очевидно, нельзя признать случайным практически точное совпадение границ магнитных интервалов *III*, *IV* и *V* с рубежами палеозоя, мезозоя и кайнозоя, первоначально выделенными по резкому изменению фауны и флоры. Вероятно, граница *II* и *III* магнитных интервалов также хорошо согласуется с освоением биосом суши.

Природа корреляций между инверсиями магнитного поля и изменением режима биосферы пока остается не раскрытой в должной мере.

Первоначальные предположения об исчезновении магнитосферы Земли в моменты инверсий и катастрофическом облучении лишившейся защиты биосферы космическими лучами в настоящее время не могут быть признаны состоятельными, так как доказано, что в периоды инверсий происходит не исчезновение, а лишь ослабление геомагнитного поля. Маловероятной представляется и модель влияния магнитного поля на биосферу, основанная на простом возрастании

уровня космогенной ионизирующей радиации в периоды инверсий магнитного поля. Такой прирост по различным расчетам не превышает десятых долей от средней величины уровня космической радиации, что примерно равновелико изменению радиации в течение 11-летнего цикла солнечной активности.

В вышедшем в 1974 г. сборнике «Космос и эволюция организмов» обобщены современные данные по проблемам воздействия изменений режима магнитного поля на изменения биосферы.

По данным Я. Крейна помещение различных животных лишь на трое суток в слабое магнитное поле приводило к снижению способности бактерий к размножению, к нарушению двигательных рефлексов у ленточных червей, к нарушению обмена веществ у мышей. Поэтому Я. Крейн считает изменение интенсивности геомагнитного поля в период инверсий основным фактором, влияющим на эволюцию биосферы.

Снижение интенсивности геомагнитного поля, по-видимому, особенно резко влияет на уменьшение размножения простейших, что существенно снижает общую продуктивность биосферы. П. В. Василик показал, что воздействие искусственных магнитных полей на животный и растительный мир носит различный характер, в частности однонаправленное изменение магнитного поля может вызывать и волнообразную реакцию биологических систем с чередованием периодов ускоренного и замедленного развития. Он полагает, что в периоды инверсий происходит ускорение развития одних и замедление развития других животных и растений.

По данным обобщений Л. И. Сверловой (1974) при уменьшении напряженности магнитного поля большинство видов растений испытывают угнетение, вплоть до торможения клеточного деления и гибели эмбриональных тканей. Изменение напряженности и полярности геомагнитного поля вызывают хромосомные изменения в клетках, значительные патологические и генетические изменения в живых организмах и появление новых мутантных видов, что может служить основой совершенствования флоры и фауны в процессе эволюции. Л. И. Сверлова непосредственно связывает «биологические катастрофы» фанерозоя с важными рубежами изменения геомагнитного поля, считая, что магнитные инверсии обусловили цикличность в эволюционном развитии биологических объектов.

Таким образом, влияние магнитного поля на эволюцию биосферы представляется вполне доказанным, многочисленные наблюдения, эксперименты и совпадения являются надежной фактографической основой для признания такого влияния и не допускают полноценных альтернативных заключений. Однако необходимо признать, что количество достоверных материалов остается недостаточным, а сама проблема далека от решения.

Выводы о хорошей корреляции цикличности нефтегазоносности с изменениями режима магнитного поля находятся в хорошем соответствии с имеющимися фактами и подтверждают органическую теорию генезиса основных количеств нефти и газа. В то же время иссле-

дования механизма воздействия изменений режима магнитного поля на биосферу следует всемерно продолжать.

Подводя итоги установленным взаимосвязям между изменением масштабов глобального нефтегазообразования в фанерозое и изменением других общеземных геолого-геофизических процессов, мы можем констатировать следующее.

1. Наблюдается общая тенденция увеличения запасов нефти и газа от венда до мезозоя, что хорошо согласуется с закономерностями изменения биоса Земли.

2. Мегациклы глобального нефтегазонакопления хорошо коррелируются с цикличностью изменений планетарного климата и геомагнитного поля, которые оказывают непосредственное влияние на развитие и продуктивность биосферы.

3. Наименее благоприятны для нефтегазообразования периоды великих оледенений и частых инверсий магнитного поля, когда происходит значительное снижение продуктивности биосферы. Оптимальными для развития биосферы и накопления нефтегазоматеринских свит являются периоды нормального климатического режима и устойчивого геомагнитного поля.

4. Сложный характер имеет взаимосвязь мегациклов глобального нефтегазонакопления с низкочастотной цикличностью тектонических процессов и геоундаций. Низкочастотные минимумы тектонической активности приближенно коррелируются с установленными достоверно и намечаемыми ориентировочно низкочастотными общемировыми регрессиями и приурочены к границам мегациклов нефтегазообразования. Максимумы мегациклов нефтегазообразования имеют неоднозначную взаимосвязь с тектоническим режимом и масштабами осадконакопления. Региональные особенности и среднечастотные циклы нефтегазонакопления обусловлены среднечастотным тектоническим режимом регионов и региональными циклами трансгрессий — регрессий.

Таким образом, путем изучения глобальной цикличности нами установлена связь нефтегазонакопления с теми особенностями общеземных процессов, которые в наибольшей мере оказывали влияние на развитие органической материи. Это обстоятельство также служит важным подтверждением органической теории образования нефти и газа и намечает некоторые приемы для прогноза районов и частей разрезов, перспективных для поисков новых месторождений.

§ 3. ВЕРОЯТНЫЕ ПРИЧИНЫ ГЛОБАЛЬНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ

Рассмотренные в предыдущих главах материалы со всей очевидностью подтверждают, что геолого-геофизические процессы в течение всей фанерозойской истории Земли протекали циклически, причем различные процессы характеризуются неоднотипными режимами цикличности. Совокупная геолого-геофизическая обстановка, очевидно, формируется как результат сложно накладывающихся друг

на друга циклических процессов различных типов, частоты и областей преимущественной выраженности.

Решение проблем цикличности еще далеко от завершения. Вместе с тем систематизация изложенных выше данных позволяет приблизиться к сравнительно корректной постановке задачи и дает основание высказать ряд наиболее вероятных и, конечно, в немалой степени гипотетических соображений о природе и причинах цикличности рассматриваемых выше глобальных явлений. Несомненно, что попытка объяснения с единых позиций совокупности имеющихся фактов представляет определенный интерес. Ниже изложим некоторые представления такого рода, памятуя о следующем высказывании С. Н. Бубнова (1960): «Критическое обсуждение многочисленных имеющихся в настоящее время теорий не может не быть плодотворным. Следя в течение почти пятидесяти лет за развитием тектонических представлений, я часто видел, как даже хорошо обоснованные теории быстро опрокидывались открытием немногих новых фактов и сходили со сцены. Однако примечательно то, что они сходили со сцены большей частью не навсегда, так как в дальнейшем появлялись опять, так сказать, на измененной основе. Ясно, что в них содержатся правильные элементы, в чем и заключается их значение» (стр. 216).

Обратимся прежде всего к выяснению причин климатической цикличности и удовлетворительно коррелирующихся с ней цикличностей магнитного поля и масштабов нефтегазообразования.

Обращает на себя внимание весьма показательная кратковременность протекания инверсий и развития оледенений, которые происходят за отрезки времени 10^4 — 10^5 лет, т. е. геологически мгновенно. Нет никаких оснований сомневаться в том, что оледенения обусловлены внешними по отношению к Земле причинами, уменьшающими поступление солнечной энергии. (Напомним, что при наступлении последнего четвертичного оледенения не зафиксированы ни интенсивные складчатости, ни изменения наклона земной оси, ни миграция полюса).

Вероятно, кратковременность протекания и общеземной характер инверсий магнитного поля также свидетельствуют в пользу их обусловленности внесемными причинами. В этой связи привлекает внимание объяснение инверсий по схеме перезарядки конденсатора.

Конденсатор, имеющий некоторую емкость, заряжается за счет потоков космических частиц до определенного предела. Напомним, что «основные источники геомагнитного поля, видимо, обладают осевой симметрией без симметрии полярной, т. е. нет различия между противоположными направлениями оси, так как поле с равной вероятностью может иметь любую полярность. Это согласуется с теорией геомагнитного динамо: самовозбуждающимся может быть поле любой полярности» (Ф. Стейси, 1972, стр. 196). В период зарядки конденсатора магнитное поле, удерживаемое ранее в определенной системе, может изменить свою полярность, т. е. произойдет инверсия. Частота разрядки конденсатора может оказаться самой различной. Тем самым высокочастотные явления изменений климата

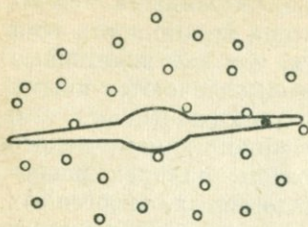


Рис. 52. Модель Млечного пути по Шенли (из Д. Ша-мы, 1973)

Пустые кружки — шаровые скопления; залитый кружок — Солнце

перпендикулярна к плоской составляющей (дису). Солнце расположено в пределах диска, в составе одного из спиральных рукавов, где сосредоточено много ярких звезд. По оценкам различных исследователей расстояние Солнца от центра Галактики составляет 8,0—12 килопарсек, а орбитальная скорость Солнца 200—250 км/с и даже более. Вслед за П. П. Паренаго в советской геологической литературе обычно принимают, что скорость движения Солнечной системы постепенно изменяется от 207 км/с в точке наибольшего удаления от центра Галактики (апогалактий) до 250 км/с в перигалактии. Уместно

отметить для сравнения, что скорость орбитального движения Земли 29,8 км/с, а осевое вращение для точки на экваторе составляет 0,5 км/с.

Примерно 10% массы Галактики (или 10^{10} солнечных масс) не сгруппировано в звезды, а находится в рассеянном состоянии в виде газа и пыли. В составе этого рассеянного вещества Галактики преобладает атомарный водород, большая часть которого сосредоточена в диске Галактики, в его спиральных рукавах.

В качестве возможных причин цикличности глобальных процессов выдвигаются следующие гипотетические следствия движения Солнечной системы в Галактике:

1) изменение скорости движения Солнца по своей орбите на 17—20% (В. А. Цареградский и др.);

2) пересечение солнечной системой в процессе вращения дважды в течение одного оборота плоскости Галактики (Г. П. Тамразян и др.);

3) в процессе вращения Солнечная система попадает в зоны разной плотности атомарного водорода, поэтому интенсивность термоядерных реакций на Солнце систематически изменяется (К. З. Стариков и др.);

4) различия плотности вещества между Солнцем и Землей влияют на прозрачность пространства и изменяют приток энергии на Землю (Г. Ф. Лунгерсгаузен и др.).

Оценивая приемлемость указанных механизмов на современном уровне информации следует признать неприемлемость четвертого механизма. Первый, второй и третий механизмы могут обусловить (раздельно или совместно) цикличность в поступлении солнечного тепла и, следовательно, цикличность изменения глобальных климатов.

Признавая космогенную обусловленность цикличности изменения глобальных климатов, приведем несколько соображений методического характера.

При оценке цикличности, исходя из космических причин, в первую очередь обычно учитывают правильную смену дня и ночи, времен земного года, 11-летнего солнечного цикла, наконец, галактического года.

Все авторы исходят из представлений о закономерной правильной периодичности, равномерной или равномерноускоренной.

Нам представляется, что указанный подход потенциально содержит в себе ошибочное начало, сущность которого состоит в недооценке различной природы закономерного на разных уровнях организации вещества, в разных масштабах времени.

В самом деле, длительность земных суток даже по высокоточным наблюдениям в XX в. несколько раз изменялась на некоторую небольшую величину. Но даже эти микроизменения в фанерозойском масштабе времени, будучи распространенными на $n \cdot 10^6$ веков, могут составить громадную величину. Не случайно высказывается предположение, что сутки в начале палеозоя были на треть длиннее нынешних.

При рассмотрении закономерностей изменения длительности земных суток не следует забывать, что на эту длительность практически оказывает влияние только скорость вращения вокруг своей оси одной планеты Земля. Относительную точность длительности суток мы оцениваем величиной заведомо меньшей, чем $10^{-5} \%$.

При рассмотрении цикличности солнечной активности, наилучшим образом исследованной точными наблюдениями, выясняется, что циклы соблюдаются с точностью $\pm 0,1 \div \pm 1$ год, т. е. с точностью примерно 1—10%. Природа цикличности солнечной активности совершенно не ясна.

При оценке длительности галактического года следует помнить о сложности строения Галактики и ее компонент, о ее вращении. Поэтому практически невероятно, чтобы циклы солнечного вращения длительностью в 10^8 лет обеспечивали повторение возникающих циклических явлений строго через один и тот же или равномерно изменяющийся интервал времени. Наряду с упорядоченным движением Солнца, обеспечивающим общую тенденцию к цикличности, распределение скоплений вещества в Галактике носит стохастический характер, что и оказывает осложняющее воздействие на цикличность выделения солнечного тепла в течение многих сотен миллионов лет.

Поэтому нам представляется, что методологически неверно искать в земных явлениях, обусловленных космогенными причинами, строгой равномерной или равноускоренной низкочастотной цикличности (Г. П. Тамразян, А. В. Авдеев, Л. И. Панкуль и др.). Правильная постановка проблемы должна предусматривать, по нашему мнению, следующий подход:

а) выяснение из геолого-геофизических наблюдений общей фактической периодичности планетарных явлений без тенденциозного ее упорядочения;

б) установление наиболее вероятной ведущей причины этих явлений как основы их периодичности;

в) попытка объяснить отклонения от общей периодичности, анализируя гипотетически различные источники случайных и стохастических осложнений.

Такой подход позволяет заключить, что наиболее вероятной основной причиной низкочастотной цикличности планетарных явлений служит вращение солнечной системы по эллипсоидальной незамкнутой орбите вокруг центральных масс Галактики.

В то же время астрономические оценки галактического года не могут обладать достаточной точностью, так как нельзя ретроспективно учесть при расчетах все факторы, контролирующие галактическое движение за многие сотни миллионов лет. В числе таких факторов, очевидно, имеются и факторы со значительной стохастической компонентой (например, распределение плотности, взаимные перемещения звездных скоплений и рукавов в Галактике, влияние столкновения Галактик и их относительных перемещений и т. п.). Поэтому, признав в качестве причин низкочастотной цикличности галактический год, величина которого по оценкам астрономов в первом приближении совпадает с длительностью низкочастотных циклов, следует в качестве второго приближения оценивать длительность галактических лет по палеогеологическим и палеогеофизическим данным.

Из числа выявленных нами низкочастотных циклических явлений наиболее пригодны для оценки длительности каждого галактического года климатические циклы и магнитные интервалы. Климатические циклы, однако, определяются менее строго, их рубежи оцениваются весьма приближенно, кроме того, климатическая цикличность в мезозойско-кайнозойское время обнаруживает определенный «сбой».

Представляется, что за основу длительности галактического года в фанерозое могут быть положены магнитные интервалы со средней длительностью 140—150 млн. лет. Границы этих интервалов весьма резкие и могут быть намечены сравнительно уверенно.

В первом приближении границы магнитных интервалов в палеозое совпадают с рубежами климатических циклов, наконец, граница между IV и V магнитными интервалами приурочена к смене мезозойского и кайнозойского биологических сообществ. Границы магнитных интервалов отнюдь не являются некими физическими абстракциями, эти рубежи и парагенетически связанные с ними явления оставили весьма впечатляющие следы в геологической летописи.

Здесь представляется уместным уделить определенное внимание вопросам возможной связи между инверсиями земного магнитного поля и цикличностью движения Солнечной системы в Галактике. Нередко полагают, что инверсии земного магнитного поля являются следствием изменения направления вращения потоков электропроводного вещества внешнего ядра. Такое предположение, очевидно, трудно увязать с воздействием космогенных факторов.

Однако указанная гипотеза не может быть поддержана, так как, во-первых, для изменения направления потоков во внешнем ядре на обратное, явления чрезвычайно энергоемкого, не могут быть предложены источники энергии. Во-вторых, такой механизм не может объяснить кратковременность протекания инверсий, явление возврата при инверсиях (см. рис. 38) и множество других вопросов.

Наконец, если бы удалось найти источник энергии достаточной мощности, то останется неясным, почему указанный гигантский эндогенный пароксизм не приводит всякий раз к соответствующим тектоно-магматическим событиям.

Очевидно, что поиски механизма инверсий земного магнитного поля должны быть продолжены. Установленная нами тесная связь глобальных климатических событий и границ магнитных интервалов указывает на то, что поиски механизма инверсий следует направить во внешнюю по отношению к планете область. Подчеркнем еще раз, что общеземной и кратковременный характер протекания инверсий, как и быстрота становления оледенений не могут быть объяснены эндогенными источниками энергии.

С. И. Брагинский (1973) указывает, что наблюдаемое на поверхности Земли магнитное поле составляет лишь десятую долю процента величины магнитного поля в ядре планеты. Поэтому инверсия наблюдаемого на поверхности Земли магнитного поля не обязательно отображает изменение направления вращения потоков во внешнем ядре. Эти потоки, обладающие огромной инерционностью, продолжают в неизменном направлении независимо от переполусовок.

Некоторые модели, дающие объяснение инверсиям за счет космогенных воздействий, намечены в работах К. З. Старикова (1972), Л. И. Сверловой (1972, 1974).

К. З. Стариков рассматривает внешние радиационные пояса звезд и планет как ловушки космических частиц. Как известно, из числа частиц, «пробивающих» магнитное поле Земли, лишь 1% имеет солнечное происхождение, а остальные частицы являются «выходцами» из Галактики. Радиационные пояса возникают только у звезд и крупных планет, обладающих собственным магнитным полем. Эти ловушки космических частиц имеют определенную емкость зарядки, величина которой связана с напряженностью магнитного поля. Получив зарядку, превышающую их емкость, радиационные пояса разряжаются, сбрасывая нейтрализованные частицы на поверхность небесного тела, а магнитное поле во внешней области этого тела инверсирует.

Л. И. Сверлова использует представления о магнитных полях, замороженных в потоки космических частиц. По ее мнению, в магнитосфере Солнца и звезд происходят инверсии по волновым законам со строгой периодичностью. Суперпозиционные воздействия электромагнитных волн гелиокосмической плазмы на внешние радиационные пояса Земли и выделяемое при этом «ленц-джоулево» тепло, а также другие процессы обуславливают циклические изменения климата, тектогенеза и других планетарных явлений.

Нам представляется, что в рассматриваемых моделях имеется определенное рациональное зерно. Механизм инверсии магнитного поля как возможный результат перенасыщения емкости конденсатора, обкладкой которого служат радиационные пояса Земли, представляются нам весьма вероятным. Очевидно, что частота этого процесса перенасыщения возрастает в периоды повышения плотности космических лучей.

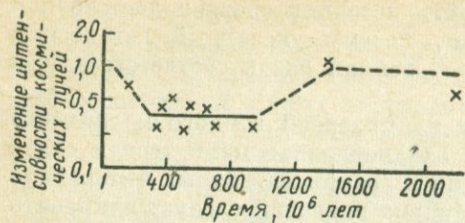


Рис. 53. Изменение интенсивности галактических космических лучей в Солнечной системе за последние 2 млрд. лет относительно современного уровня (по А. К. Лаврухиной, 1974)

Поэтому общая схема причин низкочастотной цикличности и взаимосвязанности планетарных климатических явлений и геомагнитного поля представляется следующей.

1. Генеральная цикличность обусловлена движением Солнечной системы по галактической орбите.

2. В процессе этого движения Солнечная система пересекает стохастически рас-

пределенные зоны рассеянной космической материи, обладающей различной плотностью и вмороженным магнитным полем.

3. В зонах высокой плотности межзвездного водорода, статистически чаще встречающихся в диске Галактики, интенсивность термоядерных реакций на Солнце возрастает, что приводит к аридизации климата Земли и засолонениям. В зонах пониженной плотности межзвездного газа происходят уменьшение интенсивности термоядерных реакций на Солнце, великие оледенения на Земле.

Несовпадение во времени климатических катаклизмов и повышение частоты инверсий геомагнитного поля свидетельствует о том, что низкочастотные колебания солнечного излучения сопровождаются определенной стабилизацией его «магнитного излучения», и наоборот, дестабилизация «магнитного излучения Солнца» происходит в периоды равномерного режима излучения тепла. С указанных позиций находят четкое объяснение примерное совпадение границ геомагнитных интервалов и планетарных палеоклиматических циклов и других взаимных связей между климатом и частотой инверсий. На определенные размышления наводит ряд интересных совпадений; отметим некоторые из них.

1. По оценкам П. П. Паренаго (1952) время последнего прохождения через апогалактий составляет 76 млн. лет, что весьма хорошо согласуется с границей IV и V магнитных интервалов.

2. К I и III магнитным интервалам преобладающей обратной полярности приурочены наиболее контрастные климатические катаклизмы, ко II и V магнитным интервалам знакопеременной полярности приурочены климатические катаклизмы малой интенсивности.

3. IV интервал преимущественно прямой магнитной полярности характеризуется спокойным климатическим режимом, отсутствием засолонений и оледенений и нарушает тем самым общую климатическую цикличность.

4. Разделение галактического года, аналогично земному, на зиму, весну, лето и осень, не согласуется с полученными данными об изменении глобальных климатов, в которых похолодание и потепление образуют аномалистический полупериод; второй полупериод отличается спокойным климатическим режимом.

5. Укажем на установленную А. К. Лаврухиной (1972) закономерную изменчивость интенсивности галактических космических лучей в пространстве, пересекаемом Солнечной системой за последние 2 млрд. лет (рис. 53).

Легко видеть, что при всей приближенности оценок интенсивности космических лучей в палеозое была втрое меньшей, чем современная; эта интенсивность заметно возросла в интервале между 300 и 100 млн. лет.

Попытаемся провести интерпретацию указанных в пунктах 1—5 явлений, исходя из трех общих соображений о причинах цикличности климатического и геомагнитного режимов.

Скорее всего Солнечная система в Галактике движется таким образом, что оказывается в зонах с наиболее дифференцированным распределением плотности межзвездного газа лишь в апогалактии. Пересечение галактического диска не происходит равномерно и двукратно при одном цикле перемещения по галактической орбите. Галактическая орбита движения проходит таким образом, что она лишь «касается» галактического диска, в который на части галактической траектории «ныряет» Солнечная система. Орбита солнечной системы испытывает волнообразные перемещения относительно осевой плоскости диска Галактики, то приближаясь к нему, то удаляясь от него.

Магнитные интервалы *I*, *III* и *V* характеризуются относительным приближением солнечной орбиты к диску Галактики и более глубоким «нырянием» в этот диск в апогалактической области. Магнитные интервалы *II* и *IV* характеризуются относительным удалением солнечной орбиты от диска Галактики и незначительным «нырянием» в его зону в апогалактии.

Удаление от галактического диска было наиболее значительным в течение *IV* магнитного интервала, в связи с чем он отличается равномерным и, по-видимому, несколько ослабленным режимом солнечного излучения, питавшегося сравнительно скромными и равномерно распределенными в пространстве порциями галактического межзвездного водорода. (Как известно, наблюдается обратная пропорциональность в интенсивности солнечной активности и галактического космического излучения). В это время заметно возрастает интенсивность космических лучей и не происходят климатические катаклизмы.

Магнитный интервал *II* отличается промежуточным положением (по сравнению с *III* и *IV* интервалами) по удалению солнечной орбиты от диска Галактики.

Таким образом, намеченная нами гипотетическая модель движения Солнечной системы по галактической орбите в фанерозое объясняет все основные закономерности изменения климатической и геомагнитной цикличности и не противоречит данным об изменении интенсивности космических лучей галактического происхождения.

Это соответствует модели неравномерного распределения движущихся звездных — пылевых — скоплений и плазменной облачности в Галактике, которые встречаются на эллиптическо-спиралевидном

пути Солнечной системы. Согласно такой модели Солнечная система на каждом из отрезков своей орбиты пересекает различные по плотности космического вещества зоны, что предопределяет общий периодически-стохастический режим ядерных реакций на Солнце, интенсивность которых тесно связана с изменением климата и режимом геомагнитного поля по конденсаторной схеме.

В связи с указанной обусловленностью низкочастотного цикла становятся понятными и причины его разделения на кварталы и полуциклы, которые относительно слабо выражены, но хорошо увязываются с моделью движения Солнечной системы в Галактике, с изменением скорости движения на различных участках орбиты между перигалактием и апогалактием.

Поскольку цикличности климата и геомагнитного поля тесно связаны с интенсивностью термоядерных реакций на Солнце, то они контролируются двумя компонентами — скоростью движения Солнечной системы и плотностью вещества в галактическом пространстве. Первая изменяется периодически и только она обуславливает кварталы, вторая изменяется стохастически и нарушает строгую правильную периодичность климатической и геомагнитной низкочастотной цикличности.

Правильная периодичность, присущая режиму тектонических движений, особенно примечательна. Отметим основные аспекты, сформулированные ранее (Н. Я. Кунин, 1972), которые необходимо учитывать при анализе цикличности тектонических процессов.

1. Ведущими силами тектонических процессов являются эндогенные, которые определяют общий ход и направленность тектонической эволюции Земли. Эти силы создают основу вертикальных тектонических движений. Радиогенное тепло и силы, возникающие при дифференциации вещества Земли, обеспечивают преимущественное перераспределение энергии между внутренними и внешними зонами планеты; главный вектор этих сил имеет радиальную направленность. Воздействие таких сил определяет тектоническую обстановку на всех уровнях от поверхности до центра планеты и на всех этапах ее существования.

Радиогенное тепло является постоянным, медленно убывающим во времени источником эндогенных сил. Гравитационная дифференциация проявляется в наибольшей мере в расплавленных и аморфизованных зонах планеты, возникновение которых требует предварительного разогрева. Своеобразной разновидностью эндогенных сил, появившихся после формирования жидкого ядра Земли и действующих в фанерозое, являются электромагнитные силы.

Мы принимаем, что в тектоническую историю планеты вносят вклад не только верхние 600—1000 км «тектоносферы». Возникновение и эволюция тектонических движений тесно связаны с саморазвитием всей массы земного вещества.

2. Силы ротации (инерции) и изостазии являются второстепенными по значимости, они играют роль регуляторов, содействуя определенному упорядочению тектонического строения, возникают

как реакция на нарушения режима относительного равновесия, вносимые эндогенными силами, и исправляют эти нарушения. Изо-статические силы решающее влияние оказывают на «упорядочение» по вертикали, а ротационные — на «упорядочение» по горизонтали. Влияние и роль этих сил убывают от поверхности в глубь планеты. Их воздействие особенно заметно сказывается на тектонических движениях в поверхностных зонах и после интенсивных проявлений эндогенных сил. Сфера действия ротационно-изостатических сил имеет отчетливое ограничение в пространстве. Ротационные силы несутельственны в полярных областях, а силы изостазии «работают» до поверхности изостатической компенсации (верхнемантийного волнового).

3. Космогенные силы имеют значение «регуляторов второго рода». Они воздействуют на процессы, обусловленные силами ротации, корректируя скорость вращения Земли, на силы дифференциации и изостазии — путем изменения гравитационной постоянной. Однако их регулирующее воздействие и изменение во времени не определяются эндогенными силами, от которых космогенные силы (в отличие от ротационных и изостатических) совершенно независимы. Космогенные силы могут обусловить общий периодически-волновой фон тектонических движений, но эти силы воздействуют на Землю в целом как на материальную точку. Космогенные силы оказывают периодически переменное во времени и однородное в пространстве воздействие. Поэтому их влияние на тектонические процессы, характеризующие пространственной неоднородностью, передается через определенный механизм дифференциации, в котором участвуют неоднородности первичного строения планеты, а также эндогенные и ротационно-изостатические силы.

Развивая эти положения, необходимо обратить внимание на следующие обстоятельства, важные для раскрытия причин тектонической цикличности.

Чтобы найти причину упорядоченности режима тектонических движений, необходимо выяснить возможность периодических изменений эндогенных сил. В качестве основных источников эндогенных сил выступают силы радиогенные, дифференциации вещества и электромагнитные. Первые не обнаруживают признаков цикличности, так как в условиях Земли не происходит массовой генерации радиоактивных элементов, а константы их полураспада весьма стабильны в пределах первых миллиардов лет. Электромагнитные силы и силы, возникающие за счет дифференциации вещества, могут обнаруживать искомую периодичность, по-видимому, только за счет вариаций гравитационной постоянной, так как объем вещества Земли, ее масса и химический состав, несомненно, не изменяются с периодичностью в десятки миллионов лет.

Легко показать, что периодичность тектонических движений не может быть обусловлена силами экзогенными — ротационными и изостатическими.

Ранее было отмечено, что экзогенные силы возникают как реакция на нарушения относительного равновесия эндогенными силами

и играют роль регуляторов, исправляя эти нарушения. Следовательно, эти силы не могут «задавать тон», вызывать периодичность тектонических движений.

Тектонический двухтактный средний цикл имеет длительность около 45 млн. лет, что в первом приближении соответствует длительности квартала галактического года. Однако режим тектонических движений не обнаруживает низкочастотной гармонической цикличности, соответствующей галактическому году, очень слабо коррелируется с цикличностью климата и инверсией магнитного поля. Поэтому нет оснований выводить цикличность тектонических процессов непосредственно из таких параметров, контролируемых галактическим обращением, как скорость перемещения, частота пересечений плоскости галактики, плотность космического вещества на галактической орбите и т. п.

Тогда для объяснения воздействия космогенных сил мы и предлагаем механизм «регуляторов второго рода», через усиление и ослабление гравитационной дифференциации и изостатических процессов. Но для этого требуется допустить в качестве гипотезы изменение гравитационной постоянной (f). Ее вариации приводят к периодическому убыстрению и замедлению процессов гравитационной дифференциации вещества Земли. Цикличность изменения f преобразуется в волнообразные колебания масштабов привноса железа на границу мантии и ядра Земли и одновременно встречного потока легких компонентов в верхнюю мантию; этот процесс имеет следствием периодические колебания количества освобождаемой кинетической энергии, что и служит непосредственной причиной цикличности тектогенеза. Вероятно, дополнительный вклад в этот механизм вносят электромагнитные силы, параметры которых тесно связаны с режимом поступления железа на границу мантии и ядра. Результирующее воздействие этих совокупностей эндогенных сил на тектонический процесс заслуживает отдельного рассмотрения, здесь уместно лишь отметить, что общая причина вариаций во времени (и их совпадение по фазе) электромагнитных сил и сил гравитационной дифференциации обуславливает их согласованное воздействие на цикличность тектонического процесса.

Мы полагаем, что определение цикличности вариаций f следует предпринимать, опираясь на материалы цикличности тектонических процессов. В этом случае можно говорить о волнообразных колебаниях f с периодом около 45 млн. лет. Согласно данным о цикличности тектонических процессов f может рассматриваться как квазисинусоидальная функция галактических координат и времени, осложненная несущественной помехой; в настоящее время f может быть оценена лишь качественно. В связи с тем, что вариации f преобразуются в цикличность тектонических процессов не синхронно, а с помощью механизма гравитационной дифференциации, эти квазигармонические циклы, совпадая по периодам, не тождественны по фазам. При этом для тектонических процессов должно быть закономерным некоторое запаздывание относительно изменений f . Это обстоятельство может быть использовано при разработке методов контроля высказанной гипотезы.

И, наконец, рассмотрим возможные причины позднепалеозойского «феномена», который может рассматриваться как одно из проявлений инфранизкочастотной цикличности. Кратко суть его рассмотрена выше (§ 1 главы X). Отметим также, что к этому интервалу времени приурочено возрастание интенсивности космических лучей, минимумы угле- и нефтегазонакопления в триасе, полное освоение биосом суши и выход его в атмосферу.

Нам представляется, что все эти явления отображают некоторое важнейшее событие в геологической истории Земли. Вероятной причиной этого события явился отрыв Солнечной системы от диска Галактики и перемещение ее в некоторую околосолнечную область. Следствием такого события явилось значительное уменьшение силы тяжести на Земле, в результате которого произошло увеличение размеров животных, создались благоприятные условия для ускоренного завоевания биосферой новых областей и произошла значительная общемировая регрессия.

Приведенная гипотеза требует более тщательного обоснования с привлечением материалов по аналогичным событиям в более ранней истории Земли. Подобное обоснование требует более широкого использования данных по дофанерозойским событиям и в рамках настоящей работы представляется нецелесообразным.

Проведенный нами анализ показывает, что Земля как крупное природное образование является самоорганизующейся и саморегулирующейся системой с некоторым ей присущим самостоятельным колебательным автономным ходом цикличности. По-видимому, наиболее четко эта особенность Земли, отображающая взаимосвязь всех ее зон от ядра до земной коры, проявляется в тектонической цикличности (средней частоты) с периодом в фанерозое около 45 млн. лет.

Тектоническая цикличность низкой частоты (150—180 млн. лет) намечается по снижению интенсивности движений в активные эпохи в силуре, перми и позднем мелу. Приблизительно к этим этапам геологической истории приурочены некоторые глобальные сокращения площади морского осадконакопления, изменения климатического режима планеты, границы мегациклов нефтегазообразования, рубежи циклов других геологических и геофизических процессов и изменения органического мира.

Земля со своей собственной автономной цикличностью находится в сфере воздействия цикличностей Солнечной системы и Галактики. Очевидно, наибольшего воздействия на нашу планету следует ожидать от цикличности и автоколебаний Солнечной системы. Вероятно, существует некоторая общая связь между пространственными размерами системы и частотой ее автоколебаний, причем увеличение размеров координируется с понижением частоты.

Цикличность изменений обстановки в Солнечной системе в первую очередь проявляется в длительности галактического года. Естественно, что эта периодичность внешних по отношению к Земле систем должна оказывать воздействие, во-первых, на внешние оболочки Земли и условия их существования и развития. Именно поэтому влияние галактического года, контролируемая им цикличность наиболее отчетливо проявляются в колебаниях планетарного климата, в режиме геомагнитного поля, а также в развитии населяющего поверхность литосферы и гидросферы органического мира. Цикличность развития биосферы отображается в мегациклах нефти и углеобразования — этих наиболее представительных и наиболее изученных в планетарных масштабах документах истории биосферы.

Нам представляется, что выявленная закономерность может рассматриваться как еще одно подтверждение теории органического происхождения нефти.

В развитии Земли отчетливо проявляются, вероятно, накладываясь друг на друга и интерферируя, собственные автоциклы Земли и внешние космоциклы, при этом автоциклы обладают более высокой частотой и устойчивостью, а космоциклы более низкочастотны.

Картина наложения и интерференции авто- и космоциклов может быть лишь в первом приближении и крайне схематизированно упо-

доблена сложению двух квазигармонических колебаний. В действительности ни один из рассматриваемых видов цикличности не является гармоническим, частота, амплитуда и области наиболее четкой выраженности различных видов цикличности подвержены заметным и слабоизученным изменениям. Поэтому, принимая цикличность как квазигармонический процесс с многочисленными флуктуациями различной частоты и амплитуды, в результате наложения автоцикличности Земли и космоциклов получим итоговый весьма сложный рисунок цикличности с многочисленными сдвигами фаз, резонансными явлениями и более сложными флуктуациями.

В геологической литературе оживленно обсуждается вопрос о цикличности, стабильности и изменчивости скорости геологических событий, причем изменчивость обычно понимается как убыстрение (сокращение длительности) равнозначных событий вверх по геологической шкале.

Нам представляется, что продолжение дискуссии по этой проблеме в дальнейшем должно исходить из следующих положений.

1. Геологические процессы, будучи разнофакторными, многоаспектными и разнопричинными, по-видимому, не управляются неким единым универсальным контрольным механизмом. Поэтому среди них могут иметь место и существовать параллельно как ускоренные, так и стабильно цикличные, а возможно, и замедляющиеся процессы.

2. С диалектических позиций нельзя признать доминирующей ни концепцию об убыстрении развития (логическим следствием которой является скорая смерть Земли или Вселенной), ни концепцию о стабильно циклическом развитии (как предельно метафизическую). Понимая развитие как движение по спирали, тенденции циклической стабильности и изменчивости следует интерпретировать как взаимно дополняющие и осложняющие друг друга, как воплощение единства и борьбы противоположностей.

3. В конкретных пространственно-временных интервалах одни геологические явления могут преимущественно контролироваться стабильно циклическими закономерностями, другие — протекать в убыстряющемся режиме изменений.

Весьма возможно, что другим интервалам пространства и времени будут присущи иные закономерности. Подобно тому, как переходы одних видов энергии в другие обеспечивают закон сохранения энергии, взаимопереходы между разными закономерностями геологических явлений обеспечивают единую геологическую картину мира.

- Агаджанян Н. А. Ритмы жизни и здоровье. М., «Знание», 1975. 86 с. с ил.
- Айвазян С. М. Солнце и планеты. Ереван, «Айастан», 1971. 164 с. с ил.
- Бабаев К. Л. Количественная характеристика магматизма Средней Азии. — «Узб. геол. журн.», 1963, № 4, с. 51—59 с ил.
- Бакиров А. А., Бакиров Э. А., Табасаранский З. А. Сравнительный анализ закономерностей размещения скоплений нефти и газа на древних и молодых платформах. — Междунар. геол. конгр. XXV сессия. Докл. сов. геол. Горюч. ископаемые. М., «Наука», 1976, с. 100—109.
- Белоконь В. И., Кочегура В. В., Шолпо Л. Е. Методы палеомагнитных исследований горных пород. Л., «Недра», 1973. 248 с. с ил.
- Белюсов В. В. Об основных закономерностях развития континентов. — «Физика Земли», 1972, № 7, с. 67—80 с ил.
- Беляевский Н. А. Земная кора в пределах территории СССР. М., «Недра», 1974. 279 с. с ил.
- Боголепов К. В., Трофимук А. А. О палеотектонических кризисах нефтегазоносности. — «Геол. и геофиз.», 1975, № 9, с. 158—160.
- Ботнева Т. А. Цикличность процессов нефтегазообразования. М., «Недра», 1972. 255 с. с ил.
- Боуэн Р. Палеотемпературный анализ. Л., «Недра», 1969. 207 с. с ил.
- Брагинский С. И. Гидромагнитное динамо Земли. — «Природа», 1973, № 9, с. 32—41 с ил.
- Бубнов С. Н. Основные проблемы геологии. М., Изд-во МГУ, 1960. 241 с. с ил.
- Булатов Р. П. О структуре и циркуляции вод придонного слоя Атлантического океана. — В кн.: Условия седиментации в Атлантическом океане. М., «Наука», 1971, с. 43—59 с ил.
- Бурштар М. С. Основы теории формирования залежей нефти и газа. М., «Недра», 1973. 256 с. с ил.
- Будыко М. И. Изменение климата. Л., Гидрометеиздат, 1972. 280 с. с ил.
- Вассоевич Н. Б. Условия образования флиша. М., Гостоптехиздат 1951, 216 с. с ил.
- Вассоевич Н. Б. Понятия о возрасте нефти в связи со стадийностью процесса ее образования. — «Сов. геол.», 1976, № 2, с. 16—27 с ил.
- Вассоевич Н. Б., Гладкова Е. Г. О необходимости упорядочения терминклатуры, связанной с периодичностью и цикличностью литогенеза, нефтеобразования и других природных явлений. — В кн.: Современные проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых. М., «Наука», 1973, 1. 9—32 с ил.
- Вахрамеев В. А. Дрейф материков в свете палеоботанических данных. — В кн.: Проблемы теоретической и региональной тектоники. К 60-летию акад. А. Л. Яншина. М., «Наука», 1971, с. 254—261 с ил.
- Виноградов А. П. Образование океана. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1967, № 4, с. 3—14 с ил.
- Вистелиус А. Б. О методе обзора числовых совокупностей, спектрально-тектоническом анализе и характеристике волновых движений земной коры по И. А. Одесскому. — «Геотектоника», 1975, с. № 1, с. 117—123.
- Войткевич Г. Б. Радиоактивность в истории Земли. М., «Наука», 1970. 166 с. с ил.
- Вышемирский В. С., Конторович А. Э., Трофимук А. А. Миграция рассеянных битумоидов. Новосибирск, «Наука», 1971. 167 с. с ил.
- Гаврилов В. П. Влияние разломов на формирование зон нефтегазоаккумуляции. М., «Недра», 1975. 271 с. с ил.

Геология гигантских месторождений нефти и газа. М., «Мир», 1973. 440 с. с ил.

Головин Е. М. Закономерности развития фанерозойского тектономагматического процесса в геоструктурах Памиро-Тянь-Шаня. Ташкент, «Фан», 1974. 404 с. с ил.

Гончаров Е. К., Кабышев Б. П., Шевченко А. Ф. К вопросу об отсутствии связи месторождений нефти и газа с глубинными разломами в Днепровско-Донецкой впадине. — В кн.: Вопросы геологии нефтегазовых регионов Украины. Киев, «Техника», 1972, с. 62—67 с ил.

Гранитоидные формации Узбекистана. Ташкент, «Фан», 1970, 255 с. с ил. Авт.: П. Т. Азимов, В. И. Айзенштат, В. А. Аскаров и др.

Губкин И. М. Учение о нефти. М., Изд-во ГОСИНТИ, 1937. 443 с. с ил.
Гуревич Г. С., Кидис Н. А., Сальман Г. Б. Нефтегазосносные бассейны Южной Америки и прогнозная оценка их ресурсов. М., изд. ОНТИ ВИАМС, 1974. 75 с. с ил.

Давиташвили Л. Ш. Эволюция условий накопления горючих ископаемых в связи с развитием органического мира. М., «Наука», 1971. 296 с. с ил.

Дафф П., Халлам А., Уолтон Э. Цикличность осадконакопления. М., «Мир», 1971. 283 с. с ил.

Добрецов Н. Л., Попов Н. В. О длительности формирования гранитоидных плутонов. — «Геол. и геофиз.», 1974, № 1, с. 50—60 с ил.

Добрянский А. Ф. Химия нефти. Л., Гостоптехиздат, 1961. 224 с. с ил.
Дробот Д. И., Золотов А. Н., Конторович А. Э. Геохимические критерии оценки перспектив нефтегазосности докембрийских и нижнекембрийских отложений юга Сибирской платформы. — «Труды ВНИГНИ», 1974, вып. 146. 158 с. с ил.

Еременко Н. А., Максимов С. П., Тхостов Б. А. О циклах битумообразования на Северо-Восточном Кавказе. — «Нефт. хоз-во», 1949, № 12, с. 39—46 с ил.

Жарков М. А. Эволюция соленакопления в геологической истории. — В кн.: Проблемы общей и региональной геологии. Новосибирск, 1971, с. 260—307 с ил.

Железнова Н. Г., Матвеев А. К. Мировые запасы углей. — «Сов. геол.», 1973, № 1, с. 76—85 с ил.

Загрузина И. А. Главные типы гранитоидных формаций Северо-Востока СССР и время их формирования. — «Геол. и геофиз.», 1973, № 5, с. 3—11.

Загрузина И. А. О гранитоидах в Тихоокеанских мезозоидах. — «Геол. и геофиз.», 1974, № 10, с. 58—67 с ил.

Земная кора и верхняя мантия. М., «Мир», 1972. 639 с. с ил.

Иванов Г. А., Македонов А. В., Иванов Н. В. Методы изучения ритмичности осадочных толщ. Препарат 3 конференции «Цикличность осадконакопления и закономерности размещения горючих полезных ископаемых». Новосибирск, 1975. 29 с. с ил.

История магнитного поля Земли в палеозое. Красноярск, Красноярск. краевое изд-во, 1973. 401 с. с ил.

История Мирового океана. М., «Наука», 1971. 283 с. с ил.

Карагодин Ю. Н. Ритмичность осадконакопления и нефтегазосность. М., «Недра», 1974. 176 с. с ил.

Казьмин В. Г. Эпохи рифтогенеза и некоторые вопросы происхождения рифтовых структур. — «Геол. и геофиз.», 1975, № 9, с. 3—12.

Калинко М. К. Соленакопление, образование соляных структур и их влияние на нефтегазосность. М., «Недра», 1973. 131 с. с ил.

Келлер Б. М. Великие оледенения в истории Земли. — «Сов. геол.», 1972, № 9, с. 26—35 с ил.

Келлер Б. М., Лаврушин Ю. А. Великие оледенения в истории Земли. М., «Знание», 1970. 45 с. с ил.

Конторович А. Э., Трофимук А. А. Литогенез и нефтегазообразование. — Междунар. геол. конгр. XXV сессия. Докл. сов. геол. Горюч. ископаемых. М., «Наука», 1976, с. 19—36 с ил.

Коржув П. Э. Эволюция, гравитация, невесомость. М., «Наука»,

1971. 151 с. с ил.

Косыгин Ю. А. Тектоника. М., «Недра», 1969. 616 с. с ил.

Космос и эволюция организмов. Материалы совещания «Космические факторы и эволюция органического мира». М., изд. Палеонт. ин-та АН СССР, 1974. 364 с. с ил.

Красилов В. А. О реконструкции вымерших растений. — «Палеонт. журн.», 1969, № 1, с. 3—12 с ил.

Кропоткин Н. Н. Возможная роль космических факторов в геотектонике. — «Геотектоника», 1970, № 2, с. 48—59 с ил.

Круть И. В. О факторах и компонентах земного планетарного времени. — В кн.: Чтения памяти Л. С. Берга XV—XIX (1967—1971 гг.). Ритмичность природных явлений. Л., «Наука», 1973, с. 7—25 с ил.

Кунин Н. Я. Комплексование геофизических методов при геологических исследованиях. М., «Недра», 1972. 272 с. с ил.

Кунин Н. Я., Сардонников Н. М. О цикличности геологических и геофизических процессов. — «Бюлл. МОИП», 1973, № 5, с. 144.

Кунин Н. Я., Сардонников Н. М. Цикличность изменений магнитного поля и климата Земли в фанерозое. — В кн.: Космос и эволюция организмов. М., изд. Палеонт. ин-та АН СССР, 1974, с. 61—82 с ил.

Кунин Н. Я., Сардонников Н. М. Глобальная цикличность тектонических движений. — «Бюлл. МОИП. Сер. геол.», 1976, № 3, с. 3—26 с ил.

Лаврухина А. К. Ядерные реакции в космических телах. М., «Наука», 1972. 249 с. с ил.

Леонов Г. П. Основы стратиграфии. Т. I. М., «Наука», 1973. 530 с. с ил.

Леонов Ю. Г., Мазарович О. А. О тектонической природе девонских моласс в областях каледонской складчатости. «Геотектоника», 1975, № 5, с. 46—59 с ил.

Лисицын А. П. Осадконакопление в океанах. М., «Наука», 1974. 437 с. с ил.

Лунгерсгаузен Г. Ф. О периодичности геологических явлений и изменений климатов прошлых геологических эпох. — В кн.: Проблемы планетарной геологии. М., Госгеолтехиздат, 1963, с. 104—143 с ил.

Любимов Е. А. Термика Земли и Луны. М., «Наука», 1968. 278 с. с ил.

Макаренко Г. Ф. Трапные поля материков и базальтовые поля океанов, сравнение в плане. — «Вестн. МГУ», 1974, № 6, с. 3—30 с ил.

Максимов С. П. Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа. М., «Недра», 1964. 486 с. с ил.

Максимов С. П., Лаврушко И. П. Распределение промышленных запасов нефти и газа по структурным элементам и стратиграфическому разрезу на территории СССР. — «Геол. нефти и газа», 1975, № 6, с. 34—36.

Максимов С. П., Ботнева Т. А., Панкина Р. Г. Прогнозирование перспектив нефтегазосности с позиций цикличности процессов нефтегазообразования. — «Труды ВНИГНИ», 1974, вып. 154, с. 22—33 с ил.

Максимов С. П., Строгонов В. П. Современное состояние проблемы миграции нефти и газа и формирование их залежей в СССР и за рубежом. — «Труды ВНИГНИ», 1975, вып. 178, с. 5—24 с ил.

Максимов С. П., Кунин Н. Я., Сардонников Н. М. Цикличность нефтегазообразования и вторичная миграция. — «Геол. нефти и газа», 1974, № 8, с. 30—38.

Малиновский Ю. М. Периодическая шкала абсолютного возраста. — В кн.: Ритмичность природных явлений. Л., Гидрометеоздат, 1974, с. 66—69.

Матвеев А. К. Мировые запасы углей и их распределение в геологических системах. — В кн.: Современные проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых. М., «Наука», 1973, с. 115—119.

Материалы VIII конференции по постоянному геомагнитному полю и палеомагнетизму. Ч. I, II. Киев, 1970, 145 с. с ил.

Мейен С. В. Основные проблемы палеофлористики карбона и перми. — В кн.: Итоги науки и техники. Стратиграфия. Палеонтология. Т. 3. М., Изд-во ВИНТИ, 1972, с. 94—107 с ил.

Мейергофф А. А., Мейергофф Г. А. Новая глобальная тектоника — основные противоречия. — «Информ. сб. ИГИРГИ», 1973, № 9, 10, с. 3—40 с ил.

Меннер В. В. Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит. — «Труды ГИН АН СССР», 1962, вып. 65, 375 с. с ил.

Мигдал А. О психологии научного творчества. — «Наука и жизнь», 1976, № 2, с. 105.

Минский Н. А. Формирование нефтеносных пород и миграция нефти. М., «Недра», 1975. 288 с. с ил.

Милецкий Б. Е., Миловский А. В. Металлогенические этапы и рудные формации Мугоджар. — «Вестн. МГУ», 1972, № 6, с. 27—32.

Михайлов А. Е. Космос и движения земной коры. — «Природа», 1973, № 8, с. 20—29 с ил.

Молодые платформы и их нефтегазосность. М., «Наука», 1975. 195 с. с ил.

Найдин Д. П. Изотопные палеотемпературы и некоторые проблемы геологии. — «Бюлл. МОИП. Отд. геол.», 1972, № 5, с. 113—124 с ил.

Наливкин В. Д., Преображенская Г. С. Размещение залежей нефти и газа на древних плитах. — В кн.: Анализ влияния различных факторов на размещение и формирование месторождений нефти и газа. Л., «Недра», 1974, с. 5—18 с ил.

Наливкин В. Д., Лазарев В. С., Сверчков Г. П. Влияние геологических условий на размещение углеводородов в осадочных бассейнах. — Междунар. геол. конгр. XXV сессия. Докл. сов. геол. Горюч. ископаемые. М., «Наука», 1976, с. 109—115.

Новые данные о строении Прикаспийской впадины в связи с оценкой перспектив ее нефтегазосности. — «Сов. геол.», 1972, № 11, с. 25—38 с ил. Авт.: И. П. Зубов, Н. Я. Кунин, Л. Я. Певзнер и др.

Одесский И. А. Волновые движения земной коры. М., «Недра», 1972. 208 с. с ил.

Ог Э. Геология. Т. I. М. —Л., Госиздат, 1932. 406 с. с ил.

Океан. М., «Мир», 1971. 190 с. с ил.

Онопrienko В. И. Проблемы цикличности в теоретической геологии. — «Геол. журн.», 1972, № 6, с. 56—64.

Орлова А. В. Осадкообразование и климат. — «Природа», 1972, № 8, с. 46—52.

О цикличности процессов нефтегазообразования. — В кн.: Горючие ископаемые. Докл. сов. геол. на XXIV сессии МГК. М., «Наука», 1972, с. 7—13. Авт.: С. П. Максимов, Т. А. Ботнева, Н. А. Еременко, Р. Г. Панкина.

Палеомагнетизм палеозоя. — «Труды ВНИГРИ», 1974, вып. 335. 230 с. с ил.

Палеомагнитные направления и палеомагнитные полюса. Л., «Недра», 1971, 124 с. с ил.

Панкуль Л. И. Фазы и циклы планетогенеза. Алма-Ата, «Наука», 1968. 180 с. с ил.

Постникова И. Е. Корреляция разрезов верхнего докембрия западного склона Урала и Восточно-Европейской платформы. — «Бюлл. МОИП. Сер. геол.», 1972, № 5, с. 86—103 с ил.

Потапов И. И. Геотектоника. Ростов, изд. Ростов. ун-та, 1964. 252 с. с ил.

Проблемы палеоклиматологии. М., «Мир», 1968. 446 с. с ил.

Проблемы связи тектоники и магматизма. М., «Наука», 1969. 264 с. с ил.

Пронин А. А. Каледонский цикл тектонической истории Земли. Л., «Наука», 1969. 231 с. с ил.

Пронин А. А. Гердинский цикл тектонической истории Земли. Л., «Наука», 1969. 195 с. с ил.

Пронин А. А. Альпийский цикл тектонической истории Земли. Мезозой. Хронология тектонических движений. Л., «Наука», 1973. 222 с. с ил.

Пронин А. А. Альпийский цикл тектонической истории Земли. Кайно-

зой. Л., «Наука», 1973, 200 с. с ил.

Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород. Ч. I. Основы литологии (петрологии) осадочных пород. М., Гостоптехиздат, 1940. 475 с. с ил.

Пути познания Земли. М., «Наука», 1971. 341 с. с ил.

Пушаровский Ю. М. Развитие оболочек и структур Земли. — «Природа», 1973, № 1, с. 113—115.

Пушаровский Ю. М. Введение в тектонику Тихоокеанского сегмента Земли. М., «Наука», 1972. 222 с. с ил.

Раабен В. Ф. Нефтегазоносность древних платформ. — «Сов. геол.», 1975, № 10, с. 24—35 с ил.

Радкевич Р. О. Проблема гидротермального рудообразования в связи с данными планетарной и региональной геологии на примере Кавказа. — «Бюлл. МОИП. Отд. геол.», 1974, № 1, с. 89—105 с ил.

Ритмичность и нефтегазоносность. Препринт 5. Новосибирск, 1975. 19 с. Авт.: В. Д. Наливкин, К. Б. Аристова, Г. П. Евсеев и др.

Роль глин в нефтеобразовании. — «Сов. геол.», 1975, № 3, с. 15—29 с ил. Авт.: Н. Б. Вассоевич, Ю. К. Бурлин, А. И. Конюхов, Е. Е. Карнюшина.

Ронов А. В. Некоторые общие закономерности развития колебательных движений материков (по данным объемного метода). — В кн.: Проблемы тектоники. М., Госгеолтехиздат, 1964, с. 118—165 с ил.

Ронов А. В., Корзина Г. А. Фосфор в осадочных породах. — «Геохим.», 1960, № 8, с. 667—687 с ил.

Ронов А. В., Хаин В. Е., Сеславинский К. Б. Кембрийские литологические формации мира. — «Сов. геол.», 1974, № 12, с. 10—33 с ил.

Ронов А. В., Хаин В. Е., Сеславинский К. Б. Ордовикские литологические формации мира. — «Сов. геол.», 1976, № 1, с. 7—27 с ил.

Рубинштейн М. М. Орогенические фазы и периодичность складкообразования в свете данных абсолютной геохронологии. — «Геотектоника», 1967, № 2, с. 21—30.

Рухин Л. Б. Основы литологии. М., «Недра», 1969. 600 с. с ил.

Рудкевич М. Я. Палеотектонические критерии нефтегазоносности. М., «Недра», 1974. 184 с. с ил.

Рябчиков А. М. Баланс энергии и биомасса Земли. — «Вестн. МГУ. Сер. географ.», 1971, № 1, с. 40—52.

Сверлова Л. И. Анализ взглядов на причины, вызывающие колебания климата Земли. Матер. XXVII науч.-техн. конф. — «Труды Хабаровского ИИЖТ», 1972, вып. 12, с. 3—30 с ил.

Севостьянов К. М. Некоторые закономерности распространения нефтяных и газовых месторождений в Западно-Тихоокеанском нефтегазоносном поясе. — «Геол. нефти и газа», 1974, № 12, с. 55—60.

Синицын В. М. Палеогеография Азии. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1962. 267 с. с ил.

Сидоренко А. В., Сидоренко С. А. Об углеводородном дыхании докембрийских графитосодержащих свит. — «Докл. АН СССР», 1970, т. 192, № 1, с. 184—187.

Соколов В. А., Бестужев М. А., Тихомолова Т. В. Химический состав нефтей и природных газов в связи с их происхождением. М., «Недра», 1972. 276 с. с ил.

Сорохтин О. Г. Глобальная эволюция Земли. М., «Наука», 1974. 181 с. с ил.

Сорохтин О. Г., Ушаков С. А., Федьнский В. В. Динамика литосферных плит и происхождение месторождений нефти. — «Докл. АН СССР», 1974, т. 214, № 6, с. 1407—1410.

Спизарский Т. Н. Обзорные тектонические карты СССР. Л., «Недра», 1973. 240 с. с ил.

Стейси Ф. Физика Земли. М., «Мир», 1972. 342 с. с ил.

Страхов Н. М. О критериях точности палеогеографически рассчитанных объемов. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1974, № 3, с. 48—54.

Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М., Госгеолтехиздат, 1963. 545 с. с ил.

Тамразян Г. П. Некоторые главнейшие планетарные тектонические

закономерности и их причинные связи. — «Изв. вузов. Геол. и разведка», 1967, № 11, с. 3—17.

Тектоника нефтегазоносных областей юга СССР. — «Труды ВНИГНИ», 1973, вып. 141. 222 с. с ил.

Тимофеев П. П. Угленосные формации и их роль в познании осадочного процесса. — «Литология и полезн. ископаемые», 1972, № 6, с. 14—25 с ил.

Успенская Н. Ю. Месторождения-гиганты, их значение в оценке ресурсов нефти и газа и особенности формирования. — «Геол. нефти и газа», 1972, № 8, с. 1—8 с ил.

Успенская Н. Ю. О периодичности появления нефтегазоносных свит в разрезе в связи с ритмичностью седиментации. — В кн.: Происхождение нефти и газа и формирование их месторождений. М., «Недра», 1972, с. 544—548 с ил.

Успенский В. А., Радченко О. А. К вопросу генезиса типов нефтей. М., Гостоптехиздат, 1947. 80 с. с ил.

Физико-химические и палеогеографические проблемы накопления и формирования залежей калийных солей (Тезисы докладов Всесоюзного солевого совещания, 3—5 июня 1974 г.). Новосибирск, Изд-во ИГиГ СО АН СССР, 1974. 54 с. с ил.

Фролов В. Т. Позднепалеозойское оледенение Австралии. — «Бюлл. МОИП. Отд. геол.», 1974, № 5, 137 с. с ил.

Фурмарье П. Проблемы дрейфа континентов. М., «Мир», 1971. 254 с. с ил.

Хаин В. Е. Общая геотектоника. М., «Недра», 1964. 479 с. с ил.

Хаин В. Е. Об общих закономерностях развития тектонических процессов во времени — проблемы зрелости — непрерывности, цикличности — направленности. — «Вестн. МГУ. Геол.» 1971, № 4, с. 3—17.

Хаин В. Е. Современные представления о причинах и механизме тектогенеза. — «Изв. вузов. Геол. и разведка», 1972, № 12, с. 19—33 с ил.

Хаин В. Е. Общая геотектоника. М., «Недра», 1973. 512 с. с ил.

Характерные черты переходных режимов геомагнитного поля. — «Физика Земли», 1972, № 6, с. 53—75 с ил. Авт.: Г. Н. Петрова, В. В. Бух, Л. Н. Гамов и др.

Храмов А. Н., Молоствовский Э. А., Файнберг Ф. С. К вопросу о единицах палеомагнитной шкалы. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1973, № 4, с. 34—39.

Чумаков Н. М. Эра позднекембрийских оледенений. — «Бюлл. МОИП. Отд. геол.», 1974, № 5, с. 136.

Шаман Д. Современная космология. М., «Мир», 1973. 253 с. с ил.

Шатский Н. С. Избранные труды. М., «Наука», т. I, 1963. 545 с. с ил.; т. II, 1964, 490 с. с ил.; т. III, 1965, 560 с. с ил.; т. IV, 1965, 350 с. с ил.

Шейнман Ю. М. Некоторые индуктивные закономерности, вытекающие из палеомагнитных измерений. — «Физика Земли», 1975, № 1, с. 66—76 с ил.

Штеенбек М. Возникновение магнитных полей планет и звезд. — В кн.: Наука и Человечество. М., «Знание», 1967, с. 306—326 с ил.

Штилле Г. Избранные труды. М., «Мир», 1964. 887 с. с ил.

Штрейф Н. А. Проблема связи магматизма со структурами геосинклинальных систем. — В кн.: Вулканизм и тектоника. М., «Наука», 1968, с. 5—10.

Яншин А. Л. О глубине солеродных бассейнов и некоторых вопросах формирования мощных соленосных толщ. — «Геол. и геофиз.», 1961 № 1, с. 18—25.

Яншин А. Л. Тектоническое строение Евразии. — «Геотектоника», 1965, № 5, с. 7—35 с ил.

Яншин А. Л. О так называемых мировых трансгрессиях и регрессиях. — «Бюлл. МОИП. Отд. геол.», 1973, т. 2, с. 9—44 с ил.

Ясманов Н. А. Отношение кальция к магнию в раковистом веществе ископаемых организмов и вмещающих породах нижнего мела Западного Закавказья. — «Докл. АН СССР», 1974, т. 215, № 6, с. 1473—1476.

Сонпан G. Time Temperature Relation in oil genesis. «Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.», Des. 1975, vol. 59/92, p. 2516—2521.

D a n g e a r d L o u i s, D o r e F r a n s i s. Facies glacières de l'Ordovicien supérieur en Normandie. «Mem. Bur. rech. geol. et. minières», 1971, No. 73.

E m i l i a n g i C. Isotopic paleotemperature. «Sci.», 1966, vol. 154, p. 851—857.

G a s t i l G. The distribution of mineral dates in time and space. «Amer. J. Sci.», 1960, vol. 258, No. 1.

G i l l u l y D. Steady plate motion and episodic orogeny and magmatism. «Geol. Soc. Amer. Bull.», 1973, vol. 84, No. 2, p. 499—513.

K i n s m a n D a v i d I. Salt floors to geo synclines. «Nature», 1975, vol. 225, No. 5507, p. 375—378.

O d i s h a w H. Solid Earth and interface phenomena. «Research in geophysics», 1964, vol. 2, M. I. T., Press Cambridge, Mass.

O p i k E. I. Climatic changes. 1967.

P a u t o t G., A u s e n d e I., L e P i c h o n X. Continuous deep sea salt layer along North Atlantic margins related to early phases of rifting. «Nature», 1970, vol. 227, 357 p.

S l o s s L. L. Orogeny and epeirogeny; the view from the eraton. «Trans. N. Y. Acad. Sci. Ser. II.», 1966, vol. 28, No. 5.

W u n d e r l i c h H. G. Von der Kontraktion zur expansion in Wandel des geologischen Weltbildes. «Naturwissenschaftliche Rundschau», 1969, vol. 22, No. 8.

Предисловие		3
Введение		5
Г л а в а	I. Современное состояние проблемы цикличности и некоторые определения	7
Г л а в а	II. Основные современные представления о цикличности глобальных тектонических процессов, трансгрессий, регрессий и седиментогенеза	21
Г л а в а	III. О закономерностях цикличности тектонических движений	51
§ 1.	О среднечастотной цикличности тектонических процессов	56
§ 2.	О низкочастотной цикличности тектонических процессов . .	60
§ 3.	Общие выводы	64
Г л а в а	IV. Цикличность седиментогенеза и ее связь с тектонической цикличностью	67
§ 1.	Методика и точность оценки трансгрессий и регрессий	68
§ 2.	О закономерностях изменения масштабов морского осадконакопления в фанерозое	79
§ 3.	О возможных причинах различий цикличности тектогенеза и седиментогенеза	88
Г л а в а	V. О глобальной цикличности проявлений магматизма	96
§ 1.	О точности определения возраста гранитоидов и возможности выявления цикличности их формирования	99
§ 2.	Обсуждение данных и выводы о цикличности гранитоидного магматизма	102
Г л а в а	VI. Цикличность глобальных климатов в фанерозое	113
§ 1.	Обзор исследований по проблеме глобальной климатической цикличности	118
§ 2.	К методике изучения цикличности макроклимата	123
§ 3.	Великие оледенения в истории Земли	130
§ 4.	Закономерности масштабов соленакопления в фанерозое . . .	138
§ 5.	Закономерности масштабов фосфоритообразования в фанерозое	146
§ 6.	Некоторые данные палеотемпературных и палеобиологических исследований о макроклиматах геологического прошлого	149
§ 7.	Об основных закономерностях изменения климатического режима в фанерозое	157
Г л а в а	VII. Цикличность изменения геомагнитного поля в фанерозое и некоторые другие вопросы палеогеофизики	161
§ 1.	Некоторые геомагнитные явления и существующие представления о их природе и точности определения	161
§ 2.	Шкала инверсий магнитного поля в фанерозое	166
§ 3.	Анализ периодичности изменений режима инверсий магнитного поля	172
§ 4.	Об изменениях некоторых геофизических полей в фанерозое	177
Г л а в а	VIII. Цикличность нефтегазообразования и углеобразования	187
§ 1.	Различные подходы к цикличности нефтегазообразования	187
§ 2.	О связи учтенных запасов нефти и газа с продуктивностью биосферы	197

§ 3.	Выделение фанерозойских мегациклов нефтегазообразования	201
§ 4.	Цикличность осадконакопления и закономерности нефтегазодности наиболее изученных платформенных районов СССР	206
§ 5.	Цикличность углеобразования и ее коррелируемость с цикличностью нефтегазообразования	216
Глава IX. Цикличность геологических процессов и некоторые вопросы формирования месторождений нефти и газа		219
§ 1.	Особенности влияния циклических процессов на различные стадии образования нефти и газа	220
§ 2.	О влиянии цикличности на формирование нефтегазоматеринских свит	223
§ 3.	О влиянии цикличности на формирование коллекторов и флюидоупоров	227
§ 4.	Тектоническая цикличность и ее влияние на миграцию углеводородов	230
§ 5.	Явления цикличности нефтегазообразования и преимущественные пути миграции	236
Глава X. Общие выводы по цикличности и их важнейшие следствия		244
§ 1.	Коррелируемость явлений глобальной цикличности	244
§ 2.	Генетическая связь среднечастотной и низкочастотной цикличности геологических процессов с нефтегазообразованием	250
§ 3.	Вероятные причины глобальной цикличности	257
Заключение		270
Список литературы		272

ИБ № 146

**Степан Павлович Максимов,
Наум Яковлевич Кунин,
Николай Михайлович Сардонников**

**ЦИКЛИЧНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
И ПРОБЛЕМА НЕФТЕГАЗОДНОСТИ**

Редактор издательства Н. В. Чистякова
Переплет художника А. Е. Чучканова
Художественный редактор В. В. Шутько
Технические редакторы В. В. Соколова, Л. Г. Лаврентьева
Корректор Е. В. Наумова

Сдано в набор 4/1 1977 г. Подписано в печать 30/V 1977 г. Т-10648. Формат 60 × 90^{1/16}.
Бумага № 2. Печ. л. 17,5. Уч.-изд. л. 20,14. Тираж 1200 экз. Заказ 1481/6251—7.
Цена 2 р. 45 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.
Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета
Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
196006, Ленинград, Московский пр., 91.

2 p. 45 k.

2184

ИЗДАВА