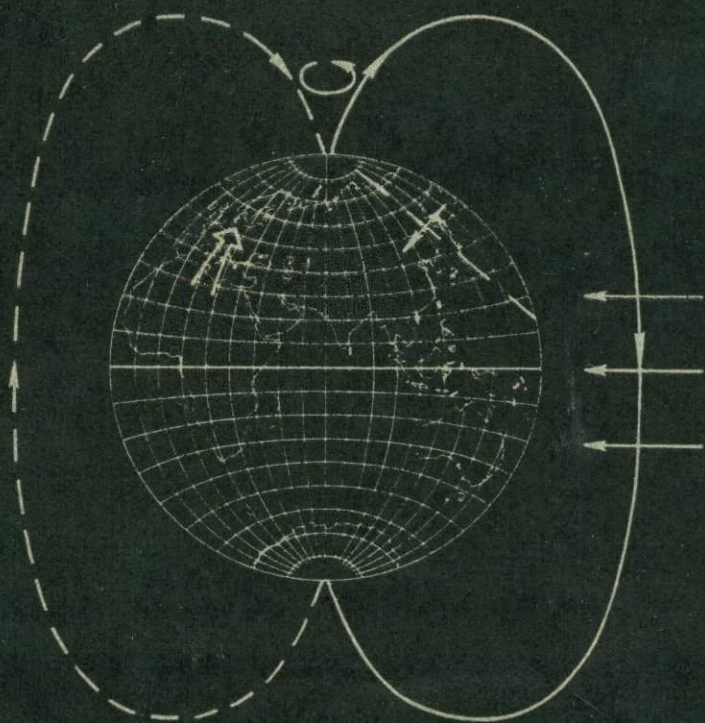


А. Я. КРАВЧИНСКИЙ

ВВЕДЕНИЕ  
В  
ГЕОИСТОРИЧЕСКИЙ  
ПРОГНОЗ



АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ  
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ,  
ГЕОФИЗИКИ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

А. Я. КРАВЧИНСКИЙ

# ВВЕДЕНИЕ В ГЕОИСТОРИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ

Ответственный редактор  
д-р геол.-мин. наук С. И. Шерман



НОВОСИБИРСК  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1987



4936

**Кравчинский А. Я.** Введение в геосторический прогноз.— Новосибирск: Наука, 1987.

В монографии предложен и апробирован методологический принцип расчета геосторических явлений, названный «принципом сопряженности», приведены фактологическая база и теоретическое обоснование. Сам принцип рассматривается как теоретическая и методологическая основа количественного геосторического прогноза. Сущность подхода иллюстрируется на примере теории геомагнитной полярности, которая выводится из палеогеографических показателей. Теоретические расчеты проверяются экспериментально, путем сопоставления с наблюдениями.

Для геологов, геофизиков, геохимиков, преподавателей естественных наук и студентов соответствующих факультетов, а также всех, кто интересуется историей Земли, планетологией и вопросами разработки количественных основ естественно-исторических дисциплин.

Рецензенты *Г. С. Вахромеев, Х. А. Абдуллаев*

## ОТ РЕДАКТОРА

Книга А. Я. Кравчинского «Введение в геоисторический прогноз» отличается широтой взгляда на основные этапы развития геосферы Земли и оригинальностью решений.

Хорошо известно, что в основу исторического анализа в геологии положен принцип актуализма. Опираясь на конкретные геологические явления современности, мы можем, по крайней мере качественно, реконструировать геологическое прошлое. Естественно, что полное подобие не достигается. Но иного выхода, казалось, тоже нет.

В предлагаемой вниманию читателей монографии обоснован и на примере явления геомагнитной полярности осуществлен новый подход к анализу геоисторических процессов, позволивший сделать количественный геоисторический прогноз геомагнитной полярности для последних 600 млн лет. Сущность этого подхода сформулирована в принципе сопряженности, который предусматривает взаимосвязанность одноранговых глобальных и региональных событий. Кстати, сфера его приложения (равно как и область приложения принципа актуализма) не ограничивается геопланетарными явлениями и может быть распространена на другие небесные тела.

В поисках аппарата количественного расчета геологических событий автор смело отошел от традиционных понятийных категорий и совершенно оправданно вводит новые, сообразно внутренней логике развиваемой им теории. Последние не только образуют изящную конструкцию и входят в структуру соответствующих алгоритмов, но позволяют, и это главное, вести расчеты глобальных явлений. Это серьезное достижение в области естественных наук, поскольку до сих пор представлялось невозможным рассчитывать геоисторические события. Методические разработки ав-

тора следует рассматривать как дополняющие классические геологические методы, в основе которых лежит принцип актуализма. Сочетание различных методов и путей подхода к исследованию геологических фактов дает возможность более однозначного восстановления и интерпретации геологической истории, в том числе на определенной количественной основе.

И хотя некоторые положения и разработки автора носят дискуссионный характер, в целом предлагаемую концепцию следует оценивать как вклад в создание количественных основ естествознания.

Книга А. Я. Кравчинского, бесспорно, привлечет внимание не только широкого круга геологов, геофизиков, тектонистов, океанологов, но и биологов — специалистов, изучающих основные этапы синхронного развития био- и геосфер Земли. Идеи и разработки автора отвечают современному количественному подходу к анализу геологических явлений. Нет сомнения, что они заинтересуют специалистов по исторической геологии и займут достойное место в соответствующих курсах для студентов геологических факультетов вузов.

*С. И. Шерман*

---

## ОТ АВТОРА

Раздумывая над возможностью прогноза геосторических явлений, неизбежно обращаешь взгляд в прошлое, поскольку события отдаленного на миллионы лет будущего непроверяемы. Прогноз в геологическое прошлое — ретроспективный прогноз — является сегодня наиболее приемлемым способом проверки геосторических «предсказаний».

Главная трудность при геосторическом прогнозе заключается в отсутствии методологического принципа расчета планетарных и региональных событий, который может быть принят за основу при построении теории глобальной эволюции. Ограниченность актуалистического подхода предопределяется качественным характером соответствующих реконструкций. Не увенчались успехом смелые попытки использовать для геосторического прогноза законы физики и химии. Предлагается новый подход к пониманию региональных и глобальных явлений, при котором теряют свой точный смысл их разграничение и апелляция к современности. Но *Usus magister est optimus*, и нет иного пути объективной оценки теоретических расчетов.

## ПРИНЦИП СОПРЯЖЕННОСТИ

ДВА ПРИНЦИПА ПОСТРОЕНИЯ  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ КОНЦЕПЦИЙ

Предложенная в 1852 г. Ж. Эли де Бомовом контракционная гипотеза развития Земли непосредственно вытекала из космогонии Канта — Лапласа и базировалась на предположении о постепенном охлаждении Земли, уменьшении объема и соответствующем смятии ее верхней твердой оболочки. Блистательные успехи геологической науки второй половины XIX — начала XX в. во многом обусловлены положительным влиянием общетеоретических представлений, основанных на признании явления сжатия ведущим геотектоническим фактором.

Отказ космологов от гипотезы Канта — Лапласа, открытие радиоактивных элементов в земной коре, структур растяжения наряду со структурами сжатия и т. д. завершили «падением» контракционной гипотезы. Но поразительно то огромное положительное влияние, которое оказала на развитие геологии гипотеза, ныне признаваемая ошибочной и отвергаемая.

Осознание многопричинности тектонических процессов стимулировало рождение новых гипотез, каждая из которых, в неодинаковой мере претендуя на объяснение совокупности геологических явлений, с различной полнотой раскрывала их отдельные существенные стороны.

Этот стремительный взлет теоретической мысли после полувекового господства контракционистских воззрений застал исследователей врасплох, ошеломил их. Гениальные предвидения тесно переплетались с глубокими заблуждениями, переоценка одних явлений — с забвением других, обилие новой информации — с недостатком данных.

Нет необходимости доказывать реальность изостатических сил, стремящихся восстановить изостатическое равновесие литосферных блоков, или ротационных сил, связанных с вращением Земли и взаимодействием небесных тел, но они мало что объясняют в явлениях магматизма и складкообразования. Несовершенства гипотезы А. Вегенера были расценены как ее несостоятельность, а несостоятельность гипотезы Дж. Джоли не заслоняет притягательности идеи радиогенного разогрева земных недр и т. д.

Появились широкие возможности для объяснения разнородных геологических событий и процессов. Это состояние теоретической геологии первой половины XX в. нередко называют «кризисным» (я бы назвал этот взлет Ренессансом), полагая, что коренной перелом в геологическом мышлении произошел несколько позже, в связи с впечатляющими успехами наук о Земле в 50—60-х годах (открытие астеносферы, палеомагнетизма, системы срединно-океанических хребтов и др.).

Эти достижения, синтезированные в рамках известной неомобилистской концепции тектоники литосферных плит, позволили изящно и просто объяснить большое число разнохарактерных глобальных геологических данных исходя из представлений о разрастании дна океанов. В отличие от всех ранее выдвинутых концепций, в тектонике плит (или, как ее часто, но совершенно неправильно называют, «новой глобальной тектонике»), основное внимание сосредоточено на строении и истории ложа современного океана. Именно здесь усматривается ключ к пониманию истории развития Земли в целом. Убедительной апробацией концепции тектоники плит явилось соответствие возраста донных осадков и подстилающих их базальтов предсказанному на основании сопоставления с палеомагнитной геохронологической шкалой. Насколько очевидным кажется этот смелый глобальный прогноз, настолько тонким может оказаться его истолкование.

Как естествоиспытатель я всегда доброжелательно завидовал физикам-теоретикам из-за удивительной по своим следствиям возможности абстрагироваться при описании явлений и процессов. В науках о Земле пример с возрастной моделью океанского ложа скорее исключение. Как правило, подобные попытки моделирования, не говоря уже о математическом описании глобальных процессов, сопряжены с нашей недостаточной осведомленностью об их характере. Яркой тому иллюстрацией может служить динамотеория магнитного поля Земли, о чем речь пойдет ниже. Хорошо известно, что схема идеализации объекта исследований предусматривает исключение из рассмотрения его несущественных сторон. Именно здесь, в определении и выборе основных признаков предмета или явления, заложена возможность произвола, получающая в дальнейшем, после акта выбора, строгое математическое обоснование. Очевидно, что для описания, например, маятника как объекта физического эксперимента не имеют значения ни год его изготовления, ни фирма-изготовитель, ни тем более его рыночная цена, но важны длина, масса, момент инерции.

Аналогичный подход к определению существенных признаков глобальных явлений далеко не столь очевиден и прост. По общему убеждению, положение континентов и океанов на поверхности Земли не имеет никакого отношения к магнитному полю Земли; эта позиция в разной форме была высказана мне при обсуждении работ [Кравчинский, 1968, 1977, 1979]. При этом наиболее аргументированные возражения состояли в том, что источником магнитного поля служит жидкое ядро и только жидкое ядро. Апел-

ляция исключительно к ядру даже в столь глубоко разработанной и математизированной модели, какова на сегодняшний день модель С. И. Брагинского [1978], не позволяет перейти от изящных теоретических построений к эксперименту. Сущность последнего состоит в овеществлении теории, в построении на ее основе модели геомагнитного поля и сравнении этой модели с наблюдениями. Затруднительность подобного эксперимента практически для всех наук о Земле уже давно вызывает у исследователей чувство неудовлетворенности.

При попытках объяснить такое положение вещей были высказаны предположения, что геологические процессы многопричинны и не могут быть сведены к одним физическим или химическим закономерностям [Взаимодействие..., 1964]. Но это слабое утешение достаточно ясно обнажает скрытые трещины в фундаменте наших теоретических изысканий.

Разрешение именно этих затруднений имеется в виду, когда мы говорим о геонимической этапности, отражающей закономерности общего развития планеты. Тем самым вводятся новые представления о разнородных планетарных процессах, основные ступени развития которых являются не более чем разными сторонами единого глобального процесса, и на этой базе могут быть достаточно полно описаны и рассчитаны.

Нельзя сказать, чтобы геология страдала недостатком общих концепций. Стоит вспомнить хотя бы гипотезу контракции, в рамках которой была предпринята попытка уложить в схему сжатия все закономерности формирования Земли.

Исходным пунктом и основой концепции геонимической этапности являются не гипотетические положения, а эмпирически найденные общие свойства процессов, имеющие всеобщую применимость, из которых и могут быть выведены математически сформулированные соотношения. Уже давно подмечено, что геологические процессы развиваются неравномерно и на некоторых уровнях (в некоторые моменты времени) наблюдается довольно резкое изменение их характеристик (например, смена пестроцветных толщ сероцветными). Установлено, что некоторые подобные перестройки имеют, несомненно, планетарные масштабы (например, массовое вымирание рептилий в мелу). Основной принцип концепции геонимических этапов представляет собой обобщение этих положений и предполагает, что смена характеристик разнородных явлений происходит систематически.

Концепции, которые содержат качественные описания глобальных явлений, независимо от того, облечены они в форму математических символов или даны словесно, можно назвать классическими. Общие принципы построения классических концепций и их характерные отличительные черты сводятся к следующему: из множества глобальных явлений выбираются самые существенные (одно либо несколько); для их объяснения подбирается наиболее подходящий (обычно физический) механизм или процесс; остальные глобальные явления, как менее существенные, рас-

сматриваются в качестве независимых либо следующих в своем развитии за определяющими.

Большинство геологов убеждено, что вводимые и используемые ими основные понятия — не свободные творения человеческого ума, но вытекают из наблюдений. История теоретической геологии, равным образом как и история других наук, ясно показала ошибочность подобных представлений.

Для Ж. Эли де Бомона наиболее существенной чертой геологического строения верхней твердой оболочки Земли была складчатость, для объяснения которой вполне подходил механизм контракции, обеспечивающий смятие слоев. А. Вегенера поразило сходство противоположных берегов Южной Атлантики, которое он объяснил расколом некогда единого континента и последующим дрейфом «осколков» под действием ротационных сил. Дж. Джולי представлял всю эволюцию Земли, исходя из одного физического явления — радиоактивного распада. В плейт-тектонике на передний план выдвигается разделение литосферы на плиты, которые перемещаются под действием конвекционных потоков. Эти примеры как нельзя лучше показывают, какую большую опасность для фундаментальных построений представляет каждое новое открытие и почему классические концепции не могут выйти за рамки качественных решений. Это вовсе не умаляет их значения. В науках о Земле эти концепции составляют величественную эпоху. С ними так или иначе связаны все успехи геологической науки.

Концепция геонимической периодизации принимает, что все одноранговые глобальные явления равнозначны по сути. Поэтому открывается возможность достаточно точного количественного описания одного явления или процесса с помощью другого.

Не следует думать, что концепция геонимических этапов не проверяет достижения предшественников или современников. Она вводит новое понимание планетарных процессов, при котором теряет точный смысл разграничение явлений (например, седиментационных и палеомагнитных, палеонтологических и геохимических и др.).

Закономерности развития отдельных процессов при этом надо рассматривать в двух плоскостях:

традиционно, т. е. процесса как такового, выделенного по ряду признаков из общего множества;

с позиций геонимической концепции как одного из звеньев в цепи одноранговых разнородных субстанций.

Основой геоисторических построений в первом случае служит принцип актуализма, который понимается как теоретическая платформа и метод геоисторического анализа.

Актуалистическая установка: современность — ключ к познанию прошлого, во многом созвучна ньютоновскому тезису «Гипотез не измышляю». Тем не менее актуалистический подход имеет ограниченную применимость, например по отношению к тектоническим (и многим другим) процессам, поскольку мы не знаем

точно, как они протекают сейчас. Более того, сегодня достаточно хорошо известна направленность и необратимость геонисторического развития нашей планеты, что все более затрудняет применение метода актуализма по мере удаления в глубь геологических времен. Тем самым раскрывается дуализм актуалистического (равно как и ньютоновского) подхода: выход на гипотезу через ее отрицание. На основе принципа актуализма получены блестящие качественные расшифровки древних обстановок [Страхов, 1962; и др.]. Но остается чувство неудовлетворенности от того, что до сих пор не удалось сделать количественный ретроспективный прогноз.

Вводя новое понимание региональных и глобальных процессов, концепция геонисторической периодизации как бы отодвигает с переднего плана свойственные актуалистическому подходу апелляции к современности и вычленение явлений (отыскание и анализ явлений непременно аналогичных) и предлагает рассматривать разнородные региональные и глобальные явления как составляющие единого планетарного процесса. Тем самым утверждается возможность количественного взаимоописания одноранговых событий [Кравчинский, 1967]. В качестве иллюстрации особенностей и возможностей геонисторического принципа сопряженности приводятся основные положения теории геомагнитной полярности, построенной на этой методологической основе, и результаты ее экспериментальной проверки.

## ШКАЛЫ ГЕОНИСТОРИЧЕСКОЙ ПЕРИОДИЗАЦИИ

Первая схема геонисторической периодизации, раскрывающая характер сопряженности разнородных региональных событий, показана на рис. 1. Изменения палеоширотного положения Сибирской платформы от венда до триаса носили направленный характер и сопровождалась ее перемещением из низких широт южного полушария через экватор в арктическую область.

Анализ палеоклиматических материалов полностью подтверждает характер и масштабы указанных палеоширотных перемещений.

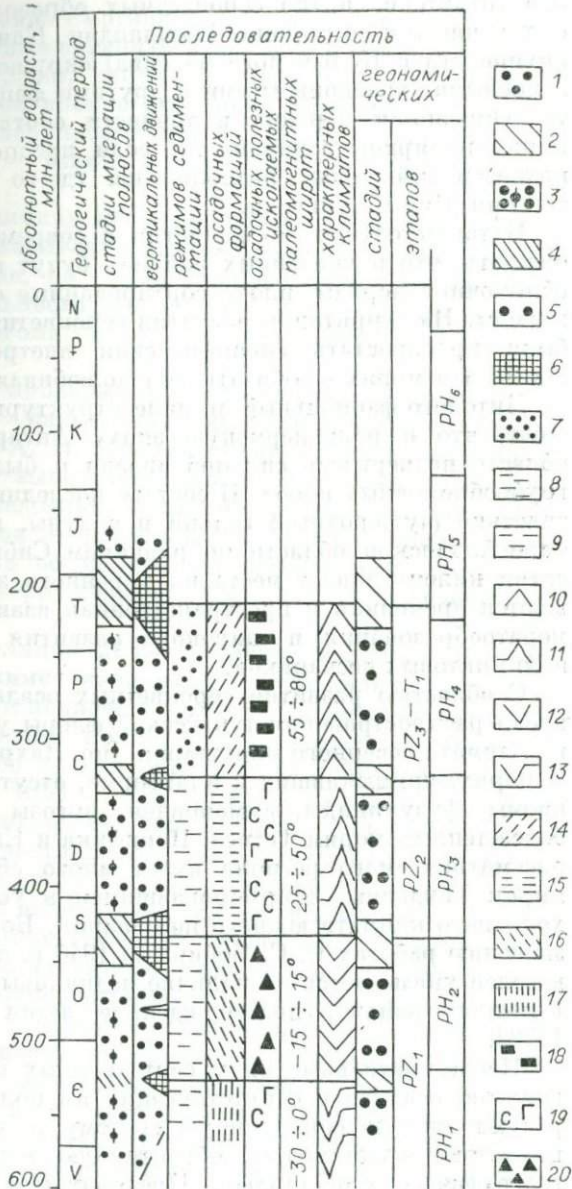
Действительно, в морях первой половины кембрия накапливались мощные толщи солей (в том числе калийных), которые в настоящее время формируются в жарких засушливых областях [Страхов, 1962; и др.]. Во второй половине кембрия в ордовике в условиях обширного эпиконтинентального бассейна и лагун откладывались карбонатные и красно-пестрые терригенные осадки. Последние содержат слои, обогащенные оксидами железа (вплоть до рудных залежей), с богатой фауной, вероятно, указывающие на интенсивное химическое выветривание и благоприятные экологические условия, вполне отвечающие экваториальному положению региона.

Рис. 1. Схема геонимической периодизации Сибирской платформы [Кравчинский, 1967].

1, 2 — геонимические стадии (1 — пассивные, 2 — активные (перестройки)); 3, 4 — стадии перемещения пояса относительно региона (3 — устойчивого положения, 4 — значительных перемещений); 5, 6 — стадийность вертикальных тектонических движений (5 — погружения, 6 — максимального воздымания); 7 — режимы седиментации (7 — континентальный, 8 — переходный, 9 — морской); 10—13 — климаты (10 — от арктического до умеренного, 11 — субтропический и умеренный, 12 — экваториальный и субэкваториальный, 13 — тропический); 14—17 — отложения (14 — сероцветные и вулканогенные, 15 — красноцветные аридные, 16 — карбонатно-пестроцветные гумидные, 17 — карбонатно-эвапоритовые); 18 — 20 — полезные ископаемые (18 — угли, 19 — эвапориты (соли, гипсы), 20 — осадочные железные руды и фосфориты).

В среднем палеозое карбонатные, красноцветные и хемогенные (соли, гипсы) осадки накапливались на северо-западе Сибирской платформы на палеоширотах 27—35° с. ш. Юго-восточная окраина платформы располагалась на 50—55° с. ш., что вполне могло бы объяснить относительно низкую температуру морских вод Верхояно-Колымского бассейна (по А. А. Ржонцинской, 1966 г.).

Верхнепалеозойские толщи Восточной Сибири, включая Таймыр, Верхоянье, Забайкалье, Северную Монголию и прилегающие с запада регионы вплоть до Кузбасса и Полярного Урала, сложены исключительно сероцветными и угленосными толщами.



Это гигантское пятно сероцветных образований со всех сторон (в том числе и со стороны Гренландии, Канадского Арктического архипелага и Колымского массива) окружено карбонатными, соленосными, красноцветными и другими фациями теплого климата. Описанная картина в точности соответствует современной циркумполярной зональности, если предположить, что позднепалеозойский полюс располагался где-то в бассейне верхнего течения Ниж. Тунгуски.

В таком случае, по аналогии с современной эпохой, можно ожидать, что в указанных районах будут присутствовать грубообломочные породы, плохо сортированные отложения, возможно, морены. На территории развития сероцветных отложений должна была произрастать специфическая внетропическая растительность, а в морях — обитать холодолюбивая фауна.

Литолого-фациальный и палеоструктурный анализы показывают, что в раннепермскую эпоху Ангаро-Байкало-Алданская область подверглась сильной эрозии и была окружена кольцом грубообломочных пород. В составе последних присутствуют экзотические (чужеродные) гальки и валуны, перенесенные из Байкало-Алданской области по равнинам Сибирской платформы на сотни километров от места их коренного залегания. Устанавливаются временная и пространственная взаимосвязь эпох конгломератообразования и широкого развития плохо сортированных полимиктовых песчаников.

С областью развития сероцветных осадков хорошо совпадает ареал распространения тунгусской флоры умеренного и холодного климата северного полушария [по Вахромееву, 1957; и др.]. В морях, примыкавших к платформе, отсутствовали многие организмы (фузулиниды, аммоноидеи, ругозы и др.), свойственные более теплым морям Тетиса, Пацифика и Европы. Флора и фауна рассматриваемого региона имеет много общего с органическим миром Гондваны, сформировавшимся в условиях умеренного и холодного климата южного полушария. Более того, в преданных забвению работах Е. С. Бобина за 1940 г. и ряда других исследователей указывается на наличие ледниковых отложений в Аллах-Юньском районе, подтвержденное затем находками [Келлер, 1972].

Последовательные ряды сопряженных широт, климатов, биоценозов, осадков и сопутствующих им полезных ископаемых образуют единую естественную систему и только в совокупности позволяют восстановить объективную картину древних палеогеографических обстановок. Предпочтительное использование одного из названных рядов может привести и приводило к серьезным разногласиям в понимании палеогеографических ситуаций. Дело в том, что все методы, кроме палеомагнитного, воссоздают только качественную картину и, строго говоря, не годятся для региональных построений. Достаточно указать, что красноцветные континентальные отложения образуются в современную эпоху в диапазоне широт от 0 до 45° (!). Мы неплохо знаем условия

существования современных организмов, но можно впасть в ошибку, полагая, что подобные организмы в прошлом обитали в аналогичных условиях. Хорошо, например, известно, что мамонтов и шерстистых носорогов вполне устраивал суровый климат средних и высоких широт ледниковой эпохи, а их потомки, современные слоны и носороги — типичные представители фауны жарких стран.

В то же время взаимная непротиворечивость данных из разных областей знаний указывает не только на объективность палеогеографических выводов, но одновременно служит веским аргументом в пользу дипольности древнего геомагнитного поля и совпадения среднего палеомагнитного и палеогеографического полюсов.

Идея независимой проверки палеомагнитных данных путем сопоставления их с палеоклиматическими была высказана Дж. Эгером в 1956 г.; А. Н. Храмов [1958] и Э. Ирвинг [1962], по-видимому, первыми выполнили такие сопоставления. В дальнейшем подобные исследования были проведены для различных геологических периодов и регионов. Их впечатляющий успех и подкупающая логика во многом способствовали становлению тогда еще только утверждавшего себя нового геофизического метода.

Возможность корреляции палеомагнитных явлений с какими-то иными геонимическими явлениями представлялась эфемерной. Неравномерность в движении полюса и намечавшаяся связь между частотой изменения полярности и скоростью миграции палеомагнитного полюса хотя и обратили на себя внимание исследователей [Храмов, 1958, с. 61], но не рассматривались. Геомагнитное поле, обусловленное движениями в жидком ядре и выраженное на поверхности Земли как разность полей, создаваемых конвективными вихрями, генерирующими поля противоположных полярностей, с полным основанием можно было считать флуктуацией, т. е. параметром, не зависящим от каких-либо фундаментальных свойств земного ядра [Runcorn, 1955]. Этот вывод С. Ранкорна вполне устраивал палеомагнитологов и объяснял нерегулярность в поведении палеомагнитного поля и его автономность, оторванность от прочих геологических событий. Вся совокупность палеомагнитных наблюдений, казалось, прекрасно согласуется с этим заключением. В многочисленных публикациях середины 50-х — начала 60-х годов неоднократно указывалось, что, пересекая границы стратиграфических подразделений, регионов и климатических поясов, не обнаруживая связи с тектоническими циклами, осадочными ритмами и другими периодическими процессами, палеомагнитные зоны не коррелируются ни с какими геологическими явлениями [Апарин, Власов, 1965, с. 220; и др.]. Даже те исследователи, кто интуитивно полагал, что палеомагнитные изменения должны найти отражение в истории тектонических движений и в других глобальных процессах, объективно не способствовали утверждению подобного взгляда.

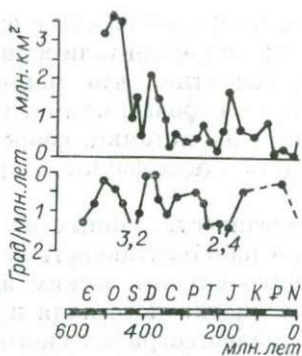


Рис. 2. Средние скорости «миграции» палеомагнитного полюса и площади эпиконтинентальных морей на территории Сибирской платформы.

Исходя из предположений о наличии связи между палеомагнитными и тектоническими событиями, А. Н. Храмов [1967] сопоставил фазы герцинского тектонического цикла на Урале с геомагнитными явлениями и установил, что три из них совпадают, а три не совпадают со стадиями знакопеременного поля.

Схема геонимической периодизации (см. рис. 1), вполне однозначно параллелизуя во времени разнородные геонимические события, в том числе геомагнитные, тем самым утверждает существование глубокой и многосторонней связи между общим геологическим развитием региона и геомагнитной эволюцией Земли. Особое внимание при ее составлении обращалось на неизвестное в то время явление согласованности периодических перемещений палеомагнитного полюса относительно региона и вертикальных тектонических движений, поскольку именно эти, а не какие-либо иные соотношения позволяют связывать воедино разнородные геологические и в первую очередь тектонические и геомагнитные события. Были выделены два сменяющих друг друга во времени и принципиально различных по геологическим следствиям типа «миграции» палеомагнитного полюса и соответствующие им два типа перемещения (эпейрофореза) регионов:

ускоренные направленные перемещения на расстоянии до  $40^\circ$  дуги экватора за геологически сравнительно небольшой интервал времени. Такие перемещения сопровождаются восходящими эпейрогенетическими движениями и завершаются палеогеографической перестройкой регионов;

сравнительно замедленные перемещения, существенно не меняющие палеогеографической обстановки и протекающие под знаком нисходящих движений.

В качестве иллюстрации на рис. 2 показаны изменения средней скорости «миграции» палеомагнитного полюса и вариации площадей, покрывавшихся морем на территории Сибирской платформы в фанерозое. В моменты ускоренного перемещения полюса относительно платформы акватории эпиконтинентальных платформенных морей существенно сокращались. Поднятые над уровнем моря области подвергались эрозии, в результате которой ранее отложившиеся осадки разрушались, формировались регио-

нальные стратиграфические перерывы, разделяющие осадочный чехол платформы на ряд разобщенных во времени и смещенных пространственно толщ, накопление которых происходило в разных условиях.

Среди зарубежных исследователей Э. Ирвинг, по-видимому, был наиболее близок к выделению двух типов перемещения палеомагнитных полюсов относительно регионов. В своей замечательной работе [Irving, 1966] он показал, что по палеомагнитным данным палеоширотное перемещение Юго-Восточной Австралии в начале среднего карбона совпадает в своем начале с орогией Канимблан, сочетается с частыми инверсиями и ассоциирует с регрессией моря.

Что же помешало Э. Ирвингу выделить два типа перемещения палеомагнитных полюсов? Думается, что причин тому несколько.

С одной стороны, он не рассматривал под этим углом зрения столь длинные непрерывные статистически обоснованные ряды палеомагнитных полюсов, какие к тому времени уже были накоплены для Восточной Сибири. С другой стороны, в течение всего девона, карбона и перми Австралийская платформа занимала высокое гипсометрическое положение и подверглась континентальной денудации. Можно думать, что лишь в ранней перми она погружалась под тяжестью материкового ледникового щита и море трансгрессировало далеко в глубь платформы. Иными словами, Австралийская платформа как небольшая часть Гондваны не отражала и не могла отражать в палеозое закономерности вертикальных движений континента в целом. Это оказалось возможным позднее, в мезокайнозой, после обособления Австралии и с началом ее развития как отдельного материка.

И наконец, значительное палеоширотное перемещение Юго-Восточной Австралии в среднем карбоне хотя и совпадало с орогией Канимблан, однако орогией Табберабберан в среднем девоне и Хантер-Боуэн в конце перми такими перемещениями не сопровождалась. Вероятно, поэтому Э. Ирвинг не касается этих орогий и, по вполне понятным причинам, не рассматривает вопрос о двух типах относительных перемещений полюса и региона.

На Сибирской платформе среднекембрийская и силурийская стадии ускоренного перемещения вполне соотносятся во времени с одноименными региональными стратиграфическими перерывами, которые ограничивают позднекембрийско-ордовикскую терригенно-карбонатную толщу, чрезвычайно широко распространенную на территории Сибирской платформы.

В среднем палеозое осадконакопление происходило к северу от районов среднего течения Лены, Нижней и Подкаменной Тунгуски.

Позднепалеозой-раннетриасовые вулканогенно-осадочные угленосные образования со стратиграфическим несогласием перекрывают более древние слои и располагаются главным образом в Тунгусской синеклизе (включая Хатангский прогиб), причем ос-

новая масса магматического базитового материала была выведена на дневную поверхность в начале триасового периода. Ускоренные перемещения полюса относительно платформы предшествуют и завершают формирование указанной толщи в Тунгусской синеклизе.

Приуроченность базитовых излияний к одной из стадий ускоренного перемещения стимулировала работы по выявлению разновозрастных базитовых интрузий, завершившиеся установлением факта чрезвычайно большой длительности трапсового магматизма. В настоящее время для отдельных изученных тел по совокупности палеомагнитных, геологических и радиологических данных оказалось возможным говорить о ранне-среднекаменноугольном, позднеордовик-раннесилурийском и позднекембрийском внедрениях базитов [Давыдов и др., 1973].

Для объяснения столь удивительной соотносимости разнородных геонимических явлений была предложена концепция геонимической периодизации, предполагающая периодические перестройки планеты (с образованием и последующим вырождением астеносферных слоев, дифференциацией вещества, изменением палеогеографических обстановок и т. д.). Вероятной причиной перестроек мог, по-видимому, быть разогрев недр Земли. Интервал времени между максимумами выноса тепловой энергии на дневную поверхность определяется как геонимический этап, сами моменты выноса — как активные стадии этапа, а время между ними — как пассивные стадии. Об активности геонимических процессов мы можем судить лишь косвенно, например по выделяемой сейсмической энергии за каждые 10 млн лет, или по другим признакам. Практически оказалось удобным в качестве рубежей геонимических этапов принять середину двух последовательных перегруппировок палеомагнитных полюсов. Содержание геонимического этапа определяется совокупностью глобальных и региональных геосторических событий в указанном временном интервале. Длительность этапа, как видно на схеме (см. рис. 1), оценивается в 80—120 млн лет.

Если эти рассуждения близки к действительности хотя бы в самых общих чертах, то принципиально сходная картина развития должна реконструироваться для всех регионов. Разумеется, если перемещение региона происходило не из экваториальных широт в полярные, как это имело место в Восточной Сибири, а как-то иначе, палеоклиматические последовательности будут иными. Если обратиться к анализу материалов по складчатым, а не платформенным областям, выявятся иные тектонические преобразования, и т. д. Поэтому мы вправе ожидать, что принципиальная идентичность последовательностей геосторических событий наиболее ярко будет проявлена при прослеживании планетарных явлений на однотипно развивавшихся территориях.

Фрагмент схемы геонимической периодизации для докембрийских континентальных платформ, иллюстрирующий соотносимость восходящих и нисходящих эпейрогенических движений с

типами миграции палеомагнитных полюсов и соответствующими им стадиями эпейрофореза и относительно устойчивого палеогеографического положения регионов показан на рис. 3. Подробное описание данной схемы составляет содержание специальных работ [Кравчинский, 1973б, 1977]. В настоящей главе целесообразно акцентировать внимание лишь на тех аспектах и выводах, которые позволяют легче понять общие закономерности и черты сходства и различия в развитии разных регионов.

Судя по схеме, направленные перемещения палеомагнитных полюсов относительно докембрийских платформ осуществляются с некоторой достаточно правильной периодичностью и сопровождаются воздыманием платформ. Признавая справедливость геологических датировок пород, использованных для палеомагнитных исследований, надо согласиться, что перемещение полюсов, входящие движения платформ происходили не совсем одновременно. Указанную рассогласованность проще всего объяснить не вполне одновременным дрейфом континентов относительно сравнительно устойчивого полюса. Соблюдаемые при этом соответствия палеомагнитных широт и палеоклиматов представляют собой независимые аргументы в пользу подобной интерпретации.

С другой стороны, рассматриваемая асинхронность в движениях предполагает, что существуют региональные и глобальные стадии перемещения. Последние (по схеме) включают перемещение одной платформы или сближенные во времени перемещения нескольких платформ. Соответственно на глобальной схеме увеличивается продолжительность стадий активизации как совокупностей региональных активизаций и сокращается длительность пассивных (без перемещения) стадий. В результате в первом приближении достигается соизмеримость тех и других в масштабах планеты. На региональном уровне активизация представляется процессом сравнительно кратковременным.

4936  
Определив время проявления и длительность региональных и глобальных стадий активизации на основе анализа мировых палеомагнитных и геологических данных для докембрийских континентальных платформ, резонно попытаться применить эту шкалу к развитию внеплатформенных континентальных областей.

Конечно, для построения подобной шкалы не обязательно было обращаться к материалу о развитии именно докембрийских платформ. И тем не менее выбор континентальных платформ в качестве опорных объектов не случаен: платформенные отложения почти не метаморфизованы и не дислоцированы и их палеомагнитные направления почти не изменены дифференцированными тектоническими движениями.

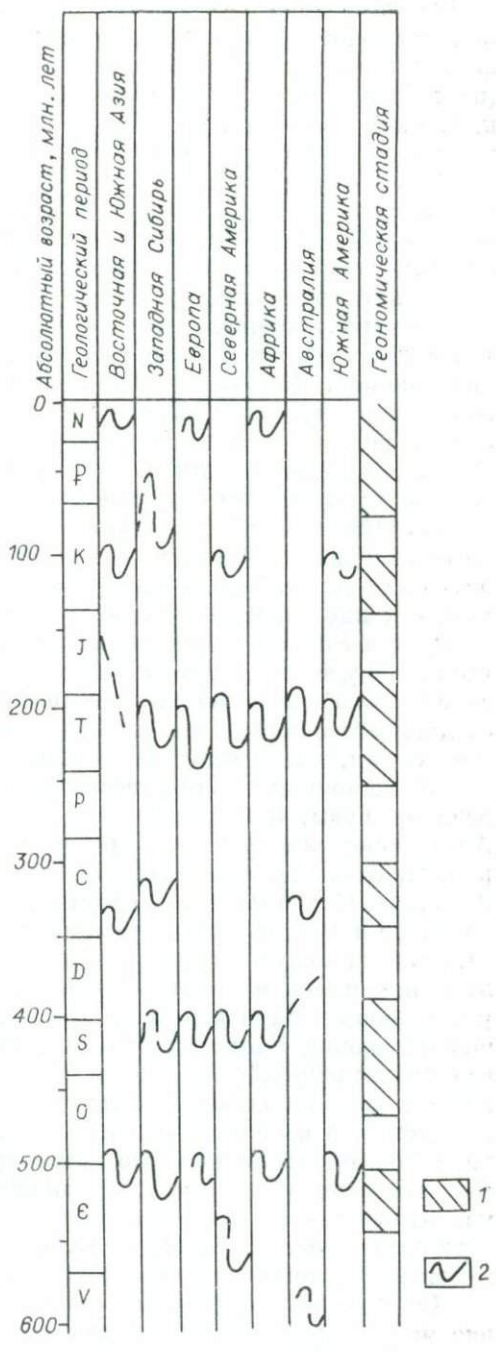
Но вернемся к предмету нашего исследования. Схемы тектонической цикличности складчатых областей различных частей света, составленные по материалам советских и зарубежных исследователей (Г. Штилле, В. В. Белоусова, М. А. Усова, А. А. Богданова, В. Е. Хаина, А. А. Яншина и др. [Справочник..., 1970 и др.]), приведены на рис. 4. По существу, все указанные схемы фанеро-



Рис. 4. Фрагмент схемы геонимической периодизации. Геонимическая активизация и тектоническая цикличность складчатых областей (упрощено) [Кравчинский, 1975, 1977, с дополнениями]

1 — стадия геонимической активизации; 2 — эпохи складчатости,

нома неплохо сопоставляются с генерализованной схемой геонимической периодизации. Скользящие границы тектонических циклов в складчатых областях определенно тяготеют к стадиям геонимической активизации, но выделены не повсеместно, что подчеркивает сложную пространственно-временную структуру процесса активизации. Хорошо известно, что складчатые системы Европы сформировались в течение трех тектонических циклов — каледонского, герцинского и альпийского, продолжительностью каждый около 200 млн лет. В Сибири подобных циклов насчитывается шесть: раннекаледонский (не совсем удачно названный «салаирским» [Тектоника ..., 1966, с. 69]) и позднекаледонский, раннегерцинский (тельбесский, по М. А. Усову) и позднегерцинский, раннеальпийский (мезозойский, киммерийский) и позднеальпийский. В рамках стадий активизации время завершения поздних циклов соответствует таковому для Европы, отсюда их трансрегиональный характер.



Формирование складчатых областей однозначно понимается как заключительная стадия воздымания в развитии геосинклиналей, которой предшествует собственно геосинклинальная стадия (прогибание). И хотя современная трактовка геосинклиналей существенно отличается от классической, основные временные рубежи их развития не подверглись принципиальному пересмотру.

В свое время именно Европа была одним из тех регионов, на примере которых рассматривалось и совершенствовалось учение о геосинклиналях. Древнейшие в Европе каледонские складчатые системы были заложены, по-видимому, еще в докембрии, а их замыкание произошло во второй половине силура.

В силуре закладываются герциниды. Силурийские отложения трансгрессивно перекрывают более древние породы, в том числе ордовикские. Замыкание герцинид в Европе относится к пермскому периоду, на Урале — к середине триасового. На это же время, видимо, приходится приращение к платформе Скифско-Мангышлакской области, которая в тот период еще не приобрела полной устойчивости [Наливкин и др., 1964].

Заложение глубоких геосинклинальных прогибов, на месте которых к концу палеогена — миоцену возникли складчатые сооружения Альпийского пояса, началось, по Муратову и соавторам, в конце триаса или начале юры [Тектоника..., 1966].

Иными словами, образование складчатых систем каждого тектонического цикла в рамках тех же стадий геонамиической активизации совпадает с заложением геосинклинальных прогибов последующего цикла. Надо отметить, что европейский образец слишком хорош, чтобы стать всеобщим.

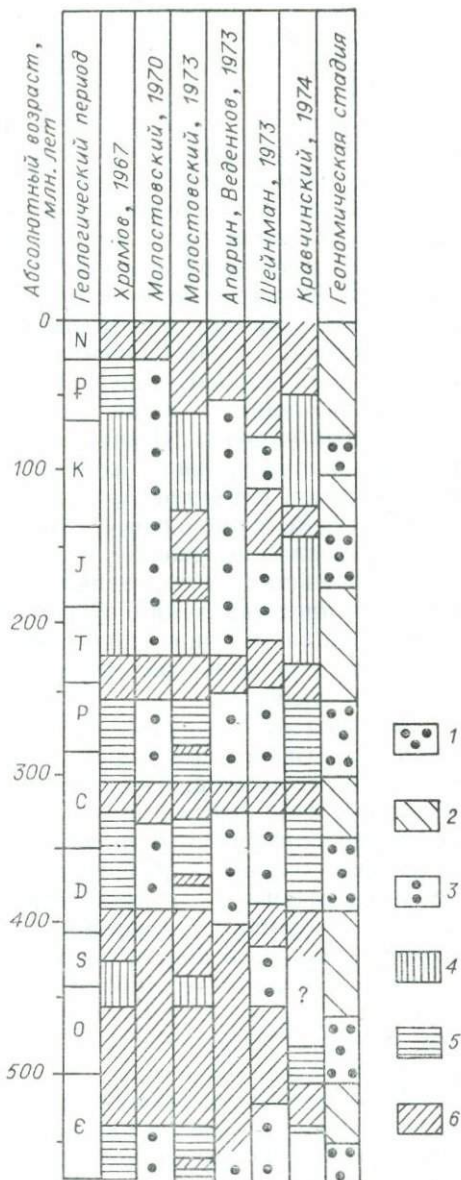
В Восточной Сибири геосинклинальное развитие ранних каледонид Тувы, Западного Саяна, Кузнецкого Алатау и Горного Алтая завершилось в конце среднего либо в начале верхнего кембрия. Позднекаледонские собственно геосинклинальные отложения Западного Саяна и северной части Тувы накапливались в кембрии, ордовике и силуре. Они подразделяются на два структурных яруса, граница между которыми проводится в середине кембрия. В силуре появились молассовые образования орогенного комплекса, указывающие на завершение геосинклинального развития поздних каледонид [Маркова, Клитин, 1966, с. 94]. Отсюда следует, что среднекембрийская стадия активизации в области развития ранних каледонид ознаменовалась формированием орогенного комплекса, а в области развития поздних каледонид — завершением формирования нижнего структурного яруса собственно геосинклинального комплекса. Это значит, что выделенные по палеомагнитным данным стадии геонамиической активизации отражаются в разрезах геосинклинальных толщ в качестве границ между слагающими их комплексами и ярусами.

Современные аналоги геосинклиналей — некоторые внутренние моря и континентальные окраины, окраинные моря, островные дуги, рифты — заставляют нас обратиться к океанам, предполагая подчиненность эволюции последних общей геонамиической

Рис. 5. Фрагмент схемы геонимической периодизации. Геонимическая стадийность и последовательность режимов геомагнитного поля [Кравчинский, 1975]. 1, 2 — геонимические стадии (1 — пассивная, 2 — активная (перестройки)); 3—6 — режимы геомагнитного поля (3 — устойчивое (без указания полярности), 4 — прямой и 5 — обратной полярности, 6 — знакопеременное).

этапности. Но об этом несколько позже. Сейчас важно отметить, что главнейшие региональные геотектонические события выступают как фрагменты глобального процесса геонимической активизации. Геотектонические проявления последнего видоизменяются при изменении структурно-тектонических обстановок или, иными словами, предыстории региона. Поэтому особое значение приобретает анализ надрегиональных явлений и в первую очередь инверсий геомагнитного поля число которых и продолжительность существования поля прямой либо обратной полярности по современным представлениям не зависят от особенностей развития изучаемой территории.

Решающим доказательством обращений геомагнитного поля служит генерализованная идентичность по знаку намагниченности одно-возрастных пород различного состава и генезиса на территории разных регионов. Такие доказательства в настоящее время получены для различных геологических эпох (рис. 5). Надо заметить, что неравномерное распределение инверсий геомагнитного поля во времени наблюдалось и оживленно обсуждалось с середины 50-х годов в связи с решением вопросов стратиграфии,



хронологии и корреляции. А. Н. Храмов с сотрудниками [Храмов и др., 1965] первыми осознали, что эта неравномерность отражает фундаментальные особенности генерации геомагнитного поля. Выделенные ими три режима изменения полярности описаны как знакопеременное поле с частым чередованием прямой и обратной полярности и как поля устойчивой прямой либо устойчивой обратной полярности. К знакопеременным относились геомагнитные последовательности с частым (через 5 млн лет и менее) чередованием полей прямой и обратной полярности. Временное распределение режимов в понимании разных авторов показано на рис. 5. Несмотря на некоторое разночтение данных о полярности геомагнитного поля, исследователи единодушны в заключении, что кайнозой, первая половина мела, конец перми — начало триаса, средний карбон, какой-то интервал в силуре — ордовике и вторая половина кембрия характеризовались знакопеременным геомагнитным полем. Отсутствие на ранних схемах раннемеловой стадии знакопеременного поля объясняется недостаточной еще палеомагнитной изученностью горных пород в 60-е годы. Конечно, объем стадий знакопеременного и устойчивого полей, равно как и их временное положение, будут корректироваться и уточняться при дальнейших исследованиях, но новые данные уже не могут изменить представления о существовании разных режимов геомагнитного поля. Стадии знакопеременного поля коррелируются со стадиями геонимической активизации, устойчивого поля — с пассивными стадиями.

Разумеется, инверсии — далеко не единственное глобальное явление, позволяющее судить о процессе активизации, минуя региональный уровень. Тот же статус приобретают биологические процессы, если рассматривать развитие органической жизни на Земле, не адресуясь к региональным особенностям ее проявления. Сравнение этапности развития высших растений и животных с последовательностью геонимических стадий позволяет сделать вывод, что возникновение и депрессия каждого нового класса позвоночных и каждого нового порядка высших растений практически совпадают с началом либо с окончанием стадий активизации (рис. 6). При этом примитивные позвоночные и примитивные высшие растения депрессировали после первой же геонимической перестройки (активизации).

Отношение к представлениям о геонимической периодизации развивалось по классическим канонам. Те, кто увидел в сопряженности разнообразных событий проявление некоей глобальной закономерности, вырабатывали свое отношение исходя из собственного опыта либо путем построения аналогичных схем. Первая из известных нам подобных схем приводится на рис. 7. И хотя сама схема не определяется как региональная, в ней явно воплотились евроцентристские представления о тектоническом развитии континентов. Положение стадий геонимической активизации в правой колонке иллюстрирует суть этого замечания.

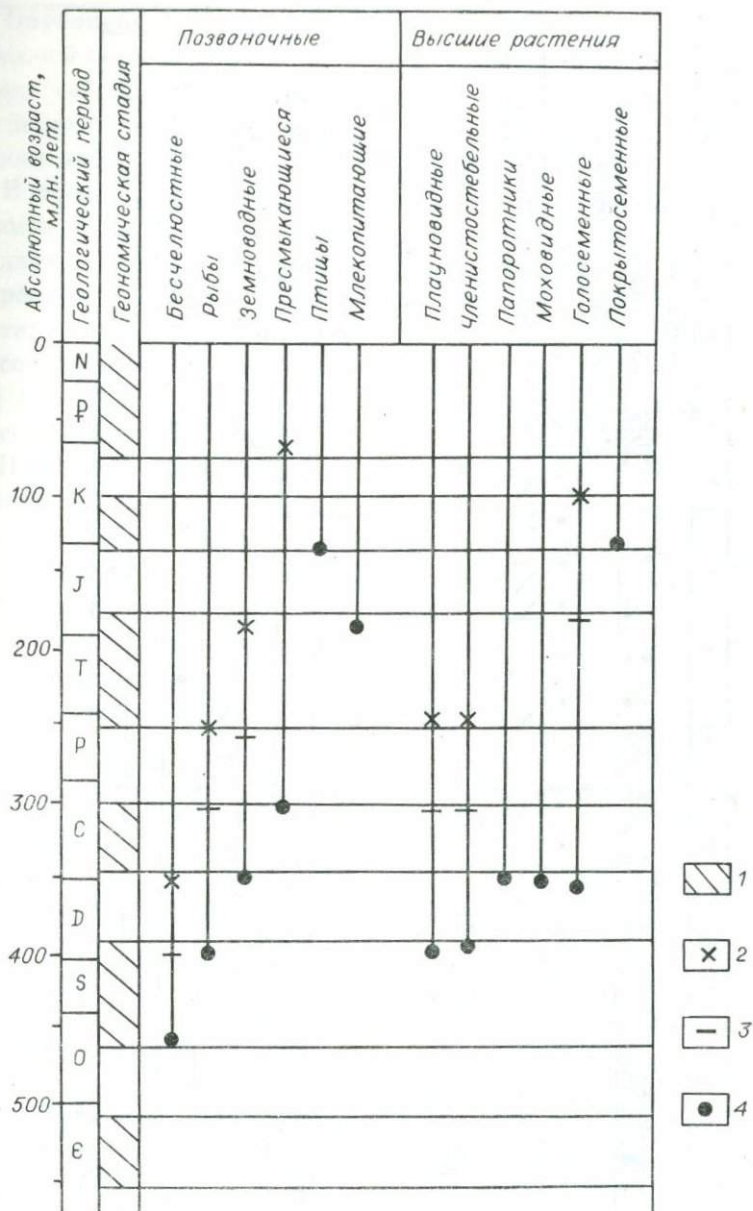


Рис. 6. Фрагмент схемы геонимической периодизации. Геонимическая периодизация и эволюция высших животных и растений [Кравчинский, 1975].

1 — стадия геонимической активизации; 2—4 — стадии развития органической жизни (2 — депрессия, 3 — расцвет, 4 — появление класса (порядка)).

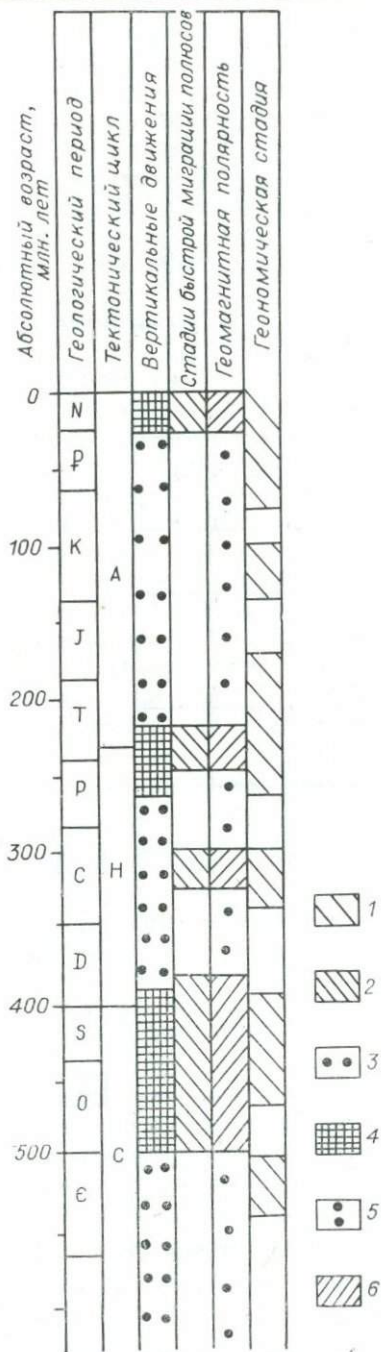


Рис. 7.

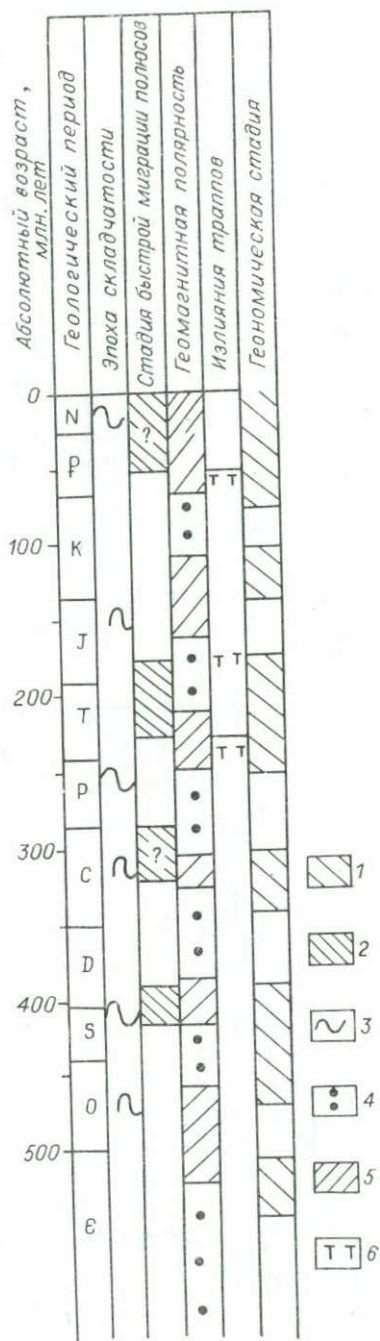


Рис. 8.

Опубликованные под разными наименованиями схемы геонимической периодизации (рис. 8, 9) в основных чертах согласуются между собой, а некоторые различия в положении границ между стадиями объясняются не вполне одинаковым пониманием и трактовкой рассматриваемых явлений разными исследователями.

В представленных схемах обращает на себя внимание единодушное признание трех позиций, а именно наличие:

двух типов относительных перемещений полюса и региона; режимов знакопеременной и устойчивой геомагнитной полярности;

сопряженности стадий ускоренных относительных перемещений полюса и региона, знакопеременного поля и тектонических перестроек континентов.

Известный советский геолог Ю. М. Шейнманн [1975] — убежденный противник континентального дрейфа — после составления собственной схемы геонимической периодизации вынужден был признать, что сопряженность палеомагнитных и тектономагматических событий, а также коренное отличие океанических и континентальных массивов указывают на глубокое заложение эндогенных процессов (по крайней мере до границы ядра) — подобная схема «и проще строится, исходя в основном из неподвижных материковых и океанических областей... Особо следует отметить, что данные палеомагнетизма легче и удачнее укладываются в схемы с подвижными материками... Однако как ни подходить к значению описанных явлений... само установление связи столь разных процессов, как магнитный, магматический и тектонический, связи, которая охватывает практически всю Землю, представляется одним из крупнейших достижений наук о Земле за последние десятилетия» [Шейнманн, 1975, с. 74].

---

*Рис. 7.* Схема геонимической периодизации по Э. А. Молоствовскому [1970].

1 — стадия геонимической активизации; 2 — стадия значительных перемещений полюса относительно региона; 3, 4 — стадийность вертикальных тектонических движений (3 — погружение, 4 — максимальное воздымание); 5, 6 — режимы геомагнитного поля (5 — устойчивое, 6 — знакопеременное).

*Рис. 8.* Схема геонимической периодизации по Ю. М. Шейнманну [1975].

1 — стадия геонимической активизации; 2 — стадия значительных перемещений полюса относительно региона; 3 — эпохи складчатости; 4, 5 — режимы геомагнитного поля (4 — устойчивое, 5 — знакопеременное); 6 — важнейшие излияния траппов.

---

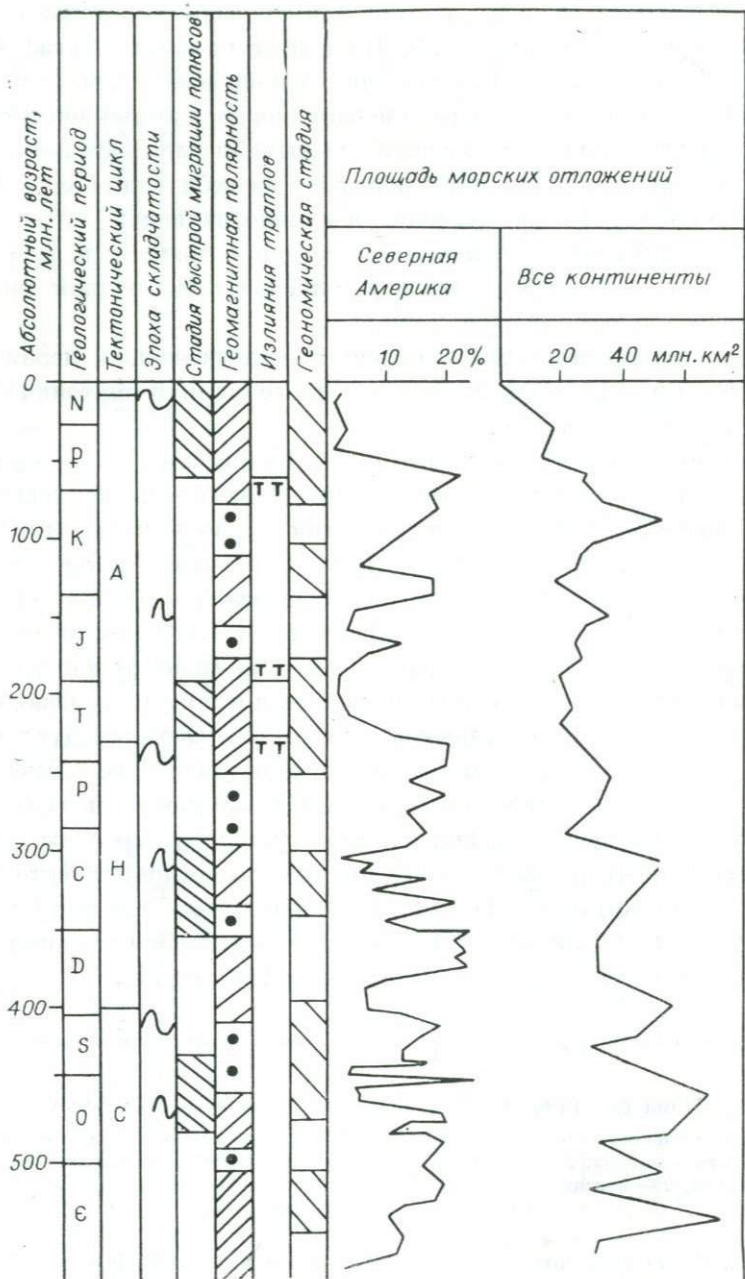


Рис. 9. Схема геонимической периодизации по А. Н. Храмову с соавторами [1978; Палеомагнитология, 1982].

Усл. обозн. см. на рис. 8.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА СОПРЯЖЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ЯВЛЕНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНВЕРСИЙ

### ТЕОРИЯ ГЕОМАГНИТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ

#### Состояние вопроса

В 1600 г. В. Гилберт опубликовал свой знаменитый труд «De Magnete», в котором указал, что магнитное поле Земли может быть сопоставлено с полем намагниченной магнетитовой сферы. С тех пор и до начала XX в. принималось, что источником геомагнитного поля является сильно намагниченная область внутри Земли. С осознанием иллюзорности подобного решения проблемы происхождения главного геомагнитного поля появились новые теории, обзор которых приводится в работе [Яновский, 1963]. Среди них теория динамо — единственная, которая в состоянии дать удовлетворительное объяснение основным особенностям обрабатываемого главного геомагнитного поля. Предложенная первоначально Дж. Лармором в 1919 г. для объяснения происхождения магнитного поля Солнца, она встретила ряд справедливых возражений. Теория возрождена работами У. Эльзассера, Я. И. Френкеля, Э. К. Булларда [Яновский, 1963; Ботт, 1974]. Она связывает геомагнитное поле с системой электрических токов в жидком ядре, которые должны постоянно поддерживаться, возможно, путем тепловой конвекции или, что более вероятно, за счет плотностной дифференциации вещества Земли [Брагинский, 1967]. Решение соответствующих уравнений магнитогидродинамики — проблема более чем внушительная. Кроме того, неизвестны некоторые физические параметры и граничные условия. Рассчитанные с помощью ЭВМ упрощенные математические модели хотя и доказывают возможность функционирования однородного динамо, но слишком далеки от всеобъемлющего решения вопроса. В рамках теории и в экспериментах, относящихся к однородному самовозбуждающемуся динамо, инверсия поля может происходить либо из-за неустойчивости самого механизма динамо, либо из-за небольших изменений в системе течений [Ботт, 1974; и др.].

В первом случае частота инверсий и продолжительность существования полей прямой и обратной полярности обусловлены параметрами земного ядра и, следовательно, по мере его эволюции будут меняться. Идея роста ядра в процессе дифференциации мантийного субстрата была, по-видимому, впервые высказана Х. Юри [Угеу, 1952], который предположил постепенное увели-

чение его радиуса. С. К. Ранкорн [Runcorn, 1962] оценил возраст ядра в 2,9 млрд лет и предложил зависимость изменения размеров ядра со временем. По его мнению, формирование ядра к настоящему моменту почти завершено. Ф. Берч [Birch, 1965] и Д. К. Тозер [Tozer, 1965] считают, что процесс образования ядра протекал быстро и закончился за время, существенно меньшее, чем возраст Земли. О. Г. Сорохтин [1974] полагает, что ядро зародилось более 4 млрд лет назад и его рост будет продолжаться еще не менее 2 млрд лет.

Во втором случае рассматривается вероятность случайных событий. Необходимость инверсий не заложена в динамо-процессе, но условия таковы, что достаточно небольшого изменения характерных параметров, чтобы процесс стал неустойчивым. Поскольку основные уравнения гидродинамо инвариантны по отношению к смене знака поля, нарушение устойчивости может привести к изменению полярности. По оценкам С. И. Брагинского, такое нарушение способна вызвать даже небольшая порция железа, просочившегося из мантии в ядро. При таком предположении частота инверсий может быть любой [Петрова и др., 1972].

По представлениям Т. Нагата [Nagata, 1969], наоборот, не нарушение конвективных движений, а их упорядочение, установление симметричной конвекции приводит к нарушению работы динамо. Вероятность  $n$  нарушений описывается как редкое явление формулой Пуассона. Вероятность восстановления прежней полярности после одного нарушения равна 0,5, после  $n$  —  $(0,5)^n$ .

Кроме того, существуют некоторые не связанные непосредственно с основным механизмом генерации процессы, создающие вариации геомагнитного поля: вариации недипольного поля [Сох, 1969], вековые вариации, обусловленные особенностями границы ядро — мантия [Петрова, Храмов, 1970; Creer, Ispir, 1970]. Эти процессы могут либо тормозить инверсию, либо способствовать ее осуществлению.

Очевидно, общее состояние вопроса таково, что о теоретических реконструкциях структуры геомагнитной полярности\* в геологическом прошлом помышлять не приходится. Несомненно и то, что не следует надеяться на скорый успех в исследовании нелинейных уравнений магнитогидродинамики. Более того, ряд физических величин и граничные условия, знание которых способствовало бы большей однозначности решений, вряд ли могут быть скоро найдены. Надо полагать, что мы не сдвинемся с мертвой точки в вопросах теории, которая призвана помочь реконструировать структуру древнего геомагнитного поля, до тех пор, пока будем замыкаться только на гипотетических процессах в жидком ядре, обходя стороной богатейший материал о геологическом прошлом нашей планеты.

---

\* Под временной структурой геомагнитной полярности здесь и ниже понимаются закономерности чередования прямой и обратной полярности.

## Основные постулаты и положения теории геомагнитной полярности

Любая новая глобальная концепция базируется на некоторых не вполне общепринятых допущениях, которые в дальнейшем могут быть отставлены как ошибочные, либо видоизменены в соответствии с требованиями практики, либо, наконец, и это лучший удел, получают предсказательную силу. В выдвигаемой нами теории геомагнитной полярности в качестве исходного принимается основной постулат теории геонимической периодизации, который предполагает взаимосвязанность и взаимообусловленность различных глобальных явлений. Предполагается следующая схема взаимообусловленности структуры геомагнитного поля и литосферы.

По современным представлениям источником геомагнитного поля является жидкое ядро, способное генерировать поле либо прямой, либо обратной полярности. Под прямой полярностью понимается такое ее направление, при котором северный геомагнитный полюс совпадает с северным географическим; при обратной полярности северный геомагнитный полюс совпадает с южным географическим. Промежуточные направления поля неустойчивы и при построении опорных палеомагнитных шкал во внимание не принимаются.

Существование сфер Земли и плотного жидкого ядра (независимо от особенностей аккреции вещества) означает, что происходит (либо происходила) дифференциация субстрата Земли, при которой тяжелые компоненты погружаются к ее центру, а легкие выносятся через определенные зоны во внешние сферы. Если расположение областей притока легкого материала будет меняться, логично ожидать соответствующего перемещения областей погружения тяжелой фракции. Можно полагать, что подобное перемещение возмущает установившиеся в ядре конвекционные движения, способствуя тем самым изменениям геомагнитной полярности. Устранение возмущающего фактора предполагает стабилизацию конвективных течений и соответственно геомагнитного поля.

Поскольку конвективные потоки организуются осевым вращением ядра, существенны два положения основных областей погружения плотного мантийного дифференциата: преимущественно к северу либо к югу от экваториальной плоскости ядра.

Траектория перемещающейся области погружения тяжелой фракции определяется по меньшей мере направлениями движения конвекционных течений в мантии и ядре, силы тяжести и вращения Земли. Поскольку направленность силы тяжести и вращения Земли можно считать неизменной, должна существовать генерируемая ими направленность движения перемещающейся области погружения и, как следствие, направленность в развитии структуры геомагнитного поля и в положении областей выхода к поверхности мантийного дифференциата.

Подъем легкого горячего материала сопровождается общим, но неравномерным разогревом верхней мантии. Формирующийся и развивающийся в процессе разогрева верхней мантии астеносферный слой создает условия, позволяющие литосферным блокам с входящими в их состав материками перемещаться из области подъема легкого мантийного дифференциата. Материки как бы изгоняются из этой области притоком поступающего снизу мантийного вещества. Перемещение материков в силу указанных выше причин носит, вероятнее всего, квазисистематический, субнаправленный характер, что согласуется с наблюдениями [Кравчинский, 1978].

После разделения расплава на легкую и тяжелую фракции и выноса значительного количества тепловой энергии в область астеносферы наступает стадия относительного покоя (устойчивого палеогеографического положения континентов и устойчивого геомагнитного поля) и нового накопления тепловой энергии. При достижении температуры плавления процесс повторяется: активизируется дифференциация вещества, нарушаются установившиеся в ядре движения и генерируемое ими геомагнитное поле, перемещаются материки.

Нам недостаточно известны подлитосферные движения вещества и положение области погружения тяжелого дифференциата даже в нашу эпоху, не говоря уже о геологическом прошлом. Но о положении континентов-индикаторов глобальных процессов материалы имеются вплоть до позднего докембрия. Поэтому именно данные о положении континентов предлагается использовать для расшифровки и прогнозирования структуры древнего геомагнитного поля.

Возможны, очевидно, две предельные палеогеографические ситуации: материки изгнаны (сгруппированы) либо в северное, либо в южное полушарие. Назовем первую ситуацию прямой палеогеографической полярностью, вторую — обратной. Такое определение знака не является произвольным и базируется на известной приуроченности северного геомагнитного полюса к континентальному полушарию [Кравчинский, 1979], которая сохраняется по меньшей мере с турне (более 300 млн лет). В более общем случае, когда палеогеографическая полярзация выражена не столь контрастно, о полярности можно судить по относительной континентальности полушарий.

В качестве меры континентальности можно использовать коэффициент континентальности

$$C = \frac{S_N}{S - S_N} = \frac{S_N}{S_R}, \quad (1)$$

где  $S$  — суммарная площадь континентов;  $S_N$  — площадь континентов северного полушария;  $S_R = S - S_N$  — площадь континентов южного полушария.

Значения  $S_N$  и  $S_R$ , нормализованные по  $S$ , приведены в табл. 1. При  $C > 1$  господствует прямая полярность  $N$ , при  $C < 1$  — об-

## Палеогеографическая эволюция и кинетические характеристики геомагнитного поля

Нормализованная площадь континентов, расположенных		Коэффициент континентальности $C$	Господствующая полярность	Инверсивность $i$	Число инверсий геомагнитного поля $n$ за характерный период $T$ при	
в северном полушарии	в южном полушарии				$\alpha = 7,3$	$\alpha = 14,1$
1,0	0	$\infty$	N	0	0	0
0,9	0,1	9	N	0,11	5	21
0,8	0,2	4	N	0,25	13	49
0,7	0,3	2,3	N	0,43	22	85
0,6	0,4	1,5	N	0,67	35	132
0,5	0,5	1	NR	1	53	198
0,4	0,6	0,67	R	0,67	35	132
0,3	0,7	0,43	R	0,43	22	85
0,2	0,8	0,25	R	0,25	13	49
0,1	0,9	0,11	R	0,11	5	21
0	1,0	0	R	0	0	0

Примечание.  $\alpha$  — показатель геонимической активизации.

ражная R. При  $C = 1$  прямая и обратная полярности равноправны и, надо полагать, складывается ситуация неопределенности или, что одно и то же, состояние крайней возбужденности геомагнитного поля.

Состояние возбужденности оценивается по коэффициенту инверсивности геомагнитного поля

$$i = \frac{S_o}{S_c}, \quad (2)$$

где  $S_o$  — площадь континентов в океаническом полушарии, вне зависимости от того, северное оно или южное;  $S_c$  — то же, для континентального полушария.

Инверсивность рассматривается в предположении, что способность поля сохранять господствующую полярность зависит прежде всего от того, насколько океаническое полушарие свободно от континентов. Состояние поля будет невозбужденным при  $i = 0$  и крайне возбужденным при  $i = 1$ . В первом случае следует говорить о невозможности инверсий, во втором — о равновероятности N- и R-полярности и вытекающей отсюда неустойчивости поля или, что то же самое, о максимально возможном числе инверсий  $n_{\max}$ . Между этими крайними состояниями имеется широкий спектр переходных, которые, собственно, и характеризуют реальные обстановки и могут быть описаны числом

$$n_k = n_{\max} \varphi(i_k), \quad (3)$$

где  $\varphi(i_k)$  — функция неизвестного вида.

Полагая, что минимально возможное число интервалов прямой либо обратной полярности  $n_{\min} = 1$ , найдем значение

$$\varphi(i_{\min}) = \frac{1}{n_{\max}}, \quad (4)$$

где  $i_{\min}$  — минимальная инверсивность, при которой смена полярности еще возможна. Для всех  $i < i_{\min}$  получим  $n_K < 1$  — ни одной смены полярности, устойчивое монополярное поле.

Надо заметить, что известные палеогеографические реконструкции не позволяют и, вероятно, никогда не позволят рассчитывать площади древних континентов с точностью более 10%. Поэтому все значения  $i \geq 0,67$  в любом случае надо рассматривать как описывающие возбужденное состояние геомагнитного поля (см. табл. 1).

Устойчивость параметров  $C$  и  $i$ , очевидно, определяется только стабильностью палеогеографической ситуации, иными словами, скоростью дрейфа материков. Изменения параметров будут тем значительнее, чем выше скорость эпейрофореза. Надо полагать, что скорость эпейрофореза при движении по астеносфере при заданной системе подводных каналов (рифтов) в первом приближении пропорциональна количеству выводимого на поверхность через эти каналы легкого дифференциата мантийного вещества. В силу химико-гравитационной взаимосвязанности, определяемой исходным составом подвергающегося дифференциации мантийного субстрата, генерируемые объемы легкой и тяжелой фракций находятся в пропорциональной зависимости. Вещество тяжелой фракции поступает в жидкое ядро и включается в процессы, сопровождаемые геомагнитными перестройками. Это значит, что палеогеографические и геомагнитные перестройки как разные стороны единого глобального геонимического процесса могут быть описаны через интенсивность дифференциации мантийного субстрата и обусловленную ею скорость эпейрофореза. Это позволяет оценивать степень геонимической активизации путем сравнения скоростей эпейрофореза

$$a = \psi\left(\frac{V_A}{V_P}\right), \quad (5)$$

где  $a$  — показатель геонимической активизации;  $\psi$  — функция неизвестного вида;  $V_A$  и  $V_P$  — средние скорости перемещения континентов в сравниваемые геологические времена  $A$  и  $P$  (активного и относительно спокойного развития).

Следовательно, во время  ${}_K P M_{K+1}$  быстрого изменения показателей континентальности и инверсивности число инверсий  $n$  геомагнитного поля возрастает в  $a_K$  раз по сравнению со временем существования поля устойчивой полярности  $P m_K$ :

$$n_{K P M_{K+1}} = a_K n_K = n_{\max} \varphi(i_K) a_K. \quad (6)$$

Выражения (3) и (6) описывают инверсии некоторых идеализированных стадий длительностью  $T$ . Имеющиеся материалы показывают, что наблюдаемые длительности  $T_k$  стадий существования как знакопеременного ( ${}_k P M_{k+1}$ ), так и устойчивого ( $P m_k$ ) полей могут различаться. Поэтому при обращении к реальным ситуациям длительности  $T_k$  следует нормировать по характерному времени  $T$ . Отсюда выражение (6) трансформируется к виду

$$n_{{}_k P M_{k+1}} = n_{\max} \varphi(i_k) a_k \frac{T_k}{T}. \quad (7)$$

### ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГЕОМАГНИТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ В ФАНЕРОМАГЕ \*

Мысленно можно смоделировать несколько принципиально различных картин эволюции геомагнитной полярности:

стадии знакопеременного и устойчивого полей выделяются при всех значениях  $0 \leq i \leq 1$ ;

стадии знакопеременного поля не выделяются при любых значениях  $i$ ;

стадии устойчивого поля не выделяются при любых значениях  $i$ .

Очевидно, что в первом случае геомагнитная полярность определяется коэффициентом континентальности, а инверсивность характеризует только потенциальную предрасположенность той или иной палеогеографической ситуации к смене полярности. Реализация обращений геомагнитного поля, образно говоря, спусковой механизм геомагнитных инверсий регулируется показателем активизации  $a$ . Величина  $a$  оказывается достаточной для того, чтобы инициировать инверсии при  $i \rightarrow 0$ , но не настолько высокой, чтобы при  $i \rightarrow 1$  трансформировать поле устойчивой полярности (при устойчивом положении континентов) в знакопеременное.

Вторая и третья ситуации складываются, если значения  $a$  недостаточно велики, чтобы привести в действие механизм инверсий, либо, напротив, слишком высоки и не позволяют полю войти в стационарный режим.

Все прочие ситуации являются промежуточными.

Мелкомасштабные палеогеографические реконструкции, заимствованные из работы [Кравчинский, 1979] и принятые для предварительных расчетов, приведены на рис. 10. В отличие от других подобных палеогеографических реконструкций в данном случае:

учитывалась периодичность дрейфа континентов (см. рис. 11);

принималось во внимание, что палеомагнитные данные не позволяют различать северные и южные географические широты, а лишь указывают на расстояние от района исследований до палеоэкватора. Поэтому из двух возможных положений предпочтение отда-

\* Фанеромаг — геомагнитный аналог фанерозоя.

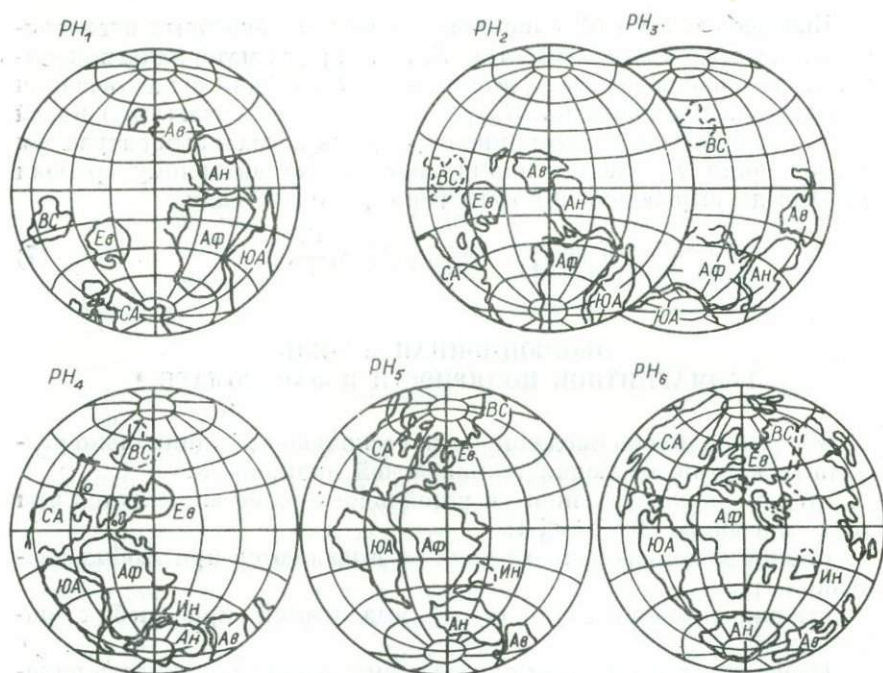


Рис. 10. Характер перемещения континентов в фанерозое.

Ав — Австралия, Ан — Антарктида, Аф — Африка, ЮА — Южная Америка, СА — Северная Америка, Ев — Европа, ВС — Восточная Сибирь, Ин — Индия. Палеогеографические ситуации показаны в стадии относительно устойчивого положения континентов.

валось такому варианту, который предполагает построение наиболее коротких траекторий «миграции» палеомагнитного полюса или, иными словами, минимальные перемещения регионов относительно полюса и друг относительно друга (принцип минимизации горизонтальных движений);

при прочих равных условиях за основу брались палеомагнитные данные, полученные при изучении почти неизменных и недислоцированных платформенных отложений.

Принималось, что площадь континентов в начале фанерозоя (650 млн лет назад) в первом приближении соответствовала суммарной площади докембрийских платформ. В дальнейшем происходило постепенное расширение площади континентов за счет приращения к ним разновозрастных складчатых областей.

Уже первое знакомство с приведенными палеогеографическими схемами позволяет в известной мере конкретизировать изложенные выше теоретические положения.

Данные о площадях основных тектонических областей континентов Земли сведены в табл. 2; в табл. 3 и 7 вынесены снятые с палеогеографических схем площади континентов к северу и югу от палеоэкватора в различные периоды фанерозоя и рассчитанные на этой основе коэффициенты континентальности  $C_k$  и инвер-

Таблица 2

## Площади основных тектонических областей континентов [по Воронову, 1968]

Современное название континента	Континентальная плита		Древние платформы		Области складчатости			
					палеозойской		мезо-кайнозойской	
	млн км <sup>2</sup>	%	млн км <sup>2</sup>	%	млн км <sup>2</sup>	%	млн км <sup>2</sup>	%
Азия	53,6	100	14,5	27	17,7	33	21,4	40
Европа	13,0	100	6,1	47	5,2	40	1,7	13
Африка	30,5	100	29,3	96	0,9	3	0,3	1
Северная Америка	30,8	100	15,7	51	6,2	20	8,9	29
Южная Америка	20,2	100	14,5	72	1,4	7	4,3	21
Австралия	11,2	100	7,9	70	2,2	20	1,1	10
Антарктида	16,3	100	11,1	68	1,6	10	3,6	22
Итого . . .	175,6	100	99,1	57	35,2	20	41,3	23

Таблица 3

Изменения географического положения и площадей континентов, млн км<sup>2</sup>, в фанерономе [по Кравчинскому, 1975, 1979]

Современное название континента	Ph <sub>6</sub>		Ph <sub>5</sub>		Ph <sub>4</sub>		Ph <sub>3</sub>		Ph <sub>2</sub>		Ph <sub>1</sub>	
	S <sub>N</sub>	S <sub>R</sub>	S <sub>N</sub>	S <sub>R</sub>	S <sub>N</sub>	S <sub>R</sub>	S <sub>N</sub>	S <sub>R</sub>	S <sub>N</sub>	S <sub>R</sub>	S <sub>N</sub>	S <sub>R</sub>
Азия	38,8	4,2	25,5	6,7	10,2	6,7	10,2	6,7	8,0	7,1	9,3	5,2
Европа	11,7		11,3		8,7		7,5	0,2		6,1		6,1
Африка	14,4	15,8	12,4	17,8		29,3		29,3		29,3		29,3
Северная Америка	29,9		21,9		16,7	3,9	11,6	7,3		15,7		15,7
Южная Америка	2,4	13,5	2,4	13,5		14,5		14,5		14,5		14,5
Австралия		10,1		10,1		9,6		8,2	7,3	0,9		7,9
Антарктида		12,7		12,7		11,1		11,1	2,4	8,7		11,1
Итого . . .	87,2	56,3	73,5	60,8	35,6	75,1	29,3	77,3	17,7	82,3	24,2	74,9
Суммарная площадь континентов	143,5		134,3		110,7		106,6		100,0		99,1	

сивности  $i_R$ , а также соответствующая каждой ситуации теоретическая полярность.

Наблюдения показывают, что в течение фанеромага палеогеографическая и сопряженная с ней геомагнитная полярность Земли изменились с обратной на прямую (см. рис. 10; рис. 11; см. табл. 2, 3, 7). Соответствующие изменения параметра  $i$  охватывают по существу весь диапазон возможных значений. Указанная кардинальная палеогеографическая и палеомагнитная эволюция

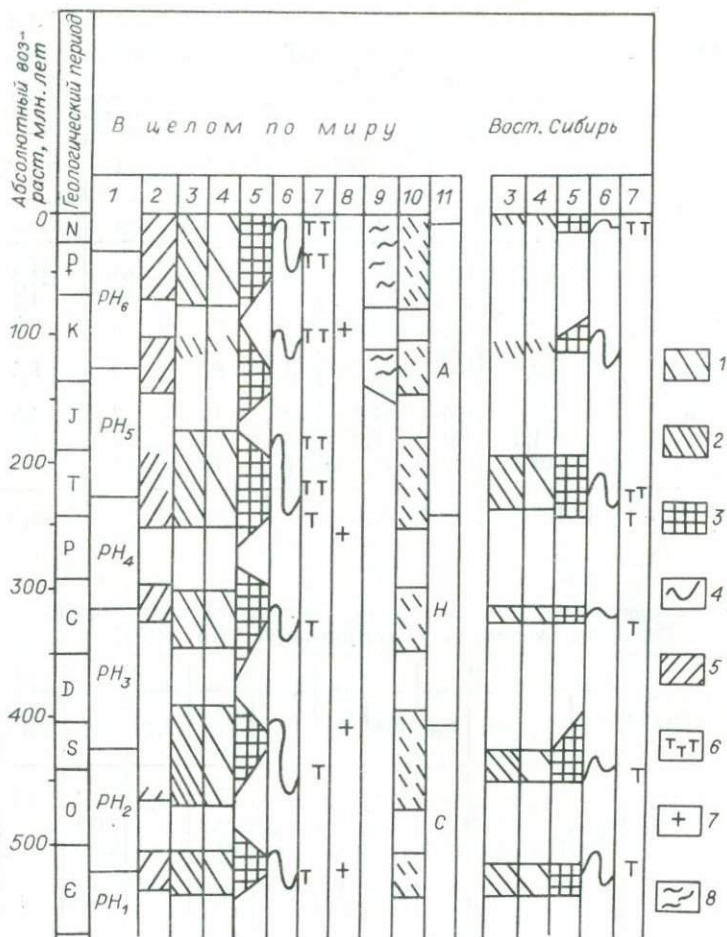


Рис. 11. Фрагмент генерализованной схемы геонимической периодизации. Периодичность геомагнитных и геотектонических событий.

1 — геонимические этапы; 2—10 — стадии знакопеременного поля (2), ускоренных направленных перемещений полюсов (3), ускоренного перемещения континентов (4), воздыманий докембрийских платформ (5), образования складчатых областей (6), излияния базитов на континентах (7), датировки некоторых неизменных гранитов по Pb и Pb/Sr (8), ускоренного наращивания океанического ложа (9), геонимической активизации (10); 11 — тектоническая цикличность (А — альпийский, Н — герцинский, С — каледонский циклы) (по данным работ [Кравчинский, 1984; Храмов, Кравчинский, 1984], с дополнениями).

1 — активная геонимическая стадия; 2 — стадия значительного перемещения полюса от носителя региона; 3 — стадия максимального воздымания; 4 — эпохи складчатости; 5 — знакопеременное геомагнитное поле; 6 — важнейшие изменения траптов; 7 — внедрения неизменных гранитов, датированных по Pb и Pb/Sr; 8 — стадия ускоренного наращивания океанического ложа вдоль «современных» осей спрединга.

проходила направленно, но неравномерно, и стадии относительно устойчивого палеогеографического положения материков и устойчивого геомагнитного поля чередовались со стадиями эпейрофореза и знакопеременного поля при всех значениях  $i$ , что вполне соответствует первой модели эволюции геомагнитной полярности.

Попытаемся на ее основе конкретизировать общие теоретические положения, апеллируя к тому фактическому материалу, который накоплен, но ранее не использовался для этих целей.

### ОПОРНЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ШКАЛЫ: МЕТОДЫ И СТРАТЕГИЯ ПОСТРОЕНИЯ

Существуют два принципиально различных метода построения шкал инверсий геомагнитного поля: по естественной остаточной намагниченности горных пород и по линейным магнитным аномалиям в океанах.

В методике построения шкалы инверсий по естественной остаточной намагниченности предусматривается детальное опробование опорных стратиграфических разрезов и их аналогов в естественных обнажениях, горных выработках и по скважинам. Отобранные коллекции ориентированных образцов представляют вертикальную временную последовательность слоев. В основу второй шкалы положена горизонтальная временная последовательность датированных линейных океанических магнитных аномалий.

Для краткости условимся первую шкалу, полученную при изучении разрезов главным образом материковых морских и континентальных толщ, называть материковой, вторую — океанической.

Если бы накопление отложений и формирование изверженных пород происходило непрерывно, материковую шкалу можно было бы рассматривать как непрерывную магнитную запись геомагнитного поля. К сожалению, накопление отложений, и тем более формирование серий изверженных пород, — процесс дискретный, и у нас (увы!) отсутствуют многие страницы такой записи. Более того, в сериях изверженных пород при межпластовых внедрениях эти страницы могут быть «переставлены». И если магматические тела, особенно в знакопеременных последовательностях палеомагнитных горизонтов, не имеют точной возрастной привязки, при прочих равных условиях предпочтительными представляются разрезы осадочных толщ.

Предполагается, что разрастание океанического дна происходило непрерывно. Если это так, материковая и океаническая шкалы могут совпадать только в основных чертах и существенно расходиться в деталях. Ситуация не изменяется, если вместо непрерывного спрединга постулировать прерывистый. Более того, совершенно несоизмеримы масштабы записи геомагнитных явлений в разрезах, мощность которых, как правило, не превосходит первые километры, и на океаническом ложе, простирающемся на ты-

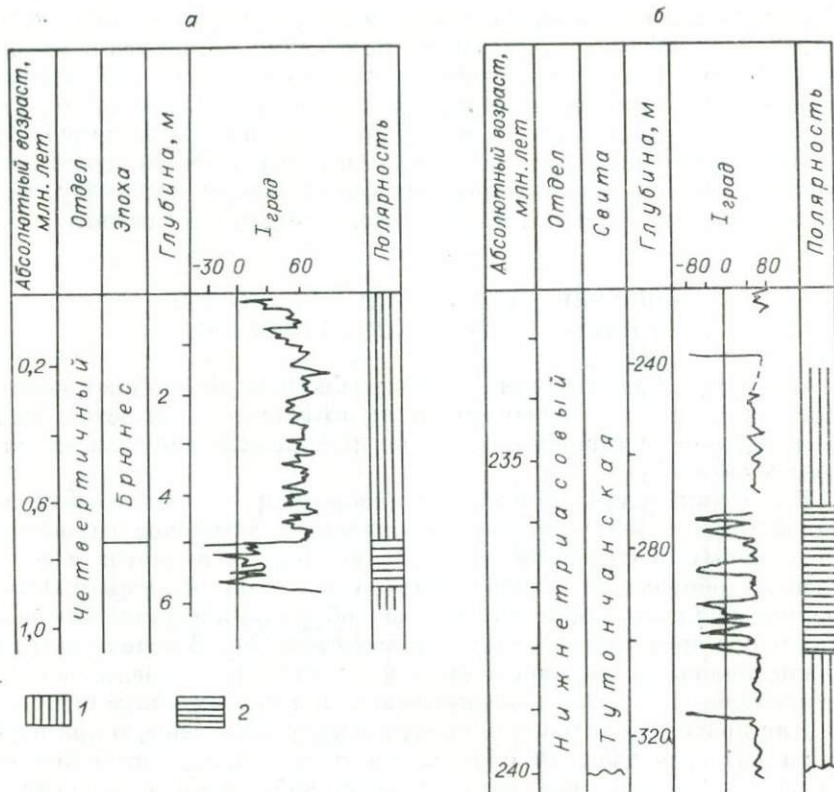


Рис. 12. Палеомагнитные разрезы донных осадков Байкала (колонка 4п, Северная котловина) (а) и отложений тутоучанской свиты (б).

1, 2 — прямая (1) и обратная (2) полярность.

сячи километров по обе стороны от океанического хребта. Очевидно, детальность записи магнитных явлений на океаническом ложе потенциально может быть в тысячи раз больше. Поэтому формальное сопоставление континентальных и океанических шкал нельзя признать правильным. С другой стороны, океанические шкалы обрываются в юре, и сведения о геомагнитном поле предшествующих эпох могут быть получены только путем изучения геологических разрезов.

Долгое время палеомагнитологи очень осторожно подходили к выделению маломощных горизонтов той или иной полярности. Можно привести много примеров трансформации монополярных палеомагнитных слоев в знакопеременные (рис. 12). В случае с событием Джарамило в байкальских разрезах наложенный характер намагниченности прямонамагниченных пропластков объясняется присутствием аутигенного пирротина, образованного после осаднения. Подобные пропластки в раннетриасовом разрезе бассей-

на верхнего течения Ниж. Тунгуски, по крайней мере часть из них, определено обусловлены наложенной вязкой намагниченностью [Кравчинский и др., 1978]. Известны, наконец, случаи самообращения естественной остаточной намагниченности [Нагата, 1965].

С другой стороны, получены неопровержимые доказательства существования кратковременных инверсий геомагнитного поля. Особенно сильное впечатление производят детальные исследования плиоцен-плейстоценовых изверженных и осадочных пород [Сох, 1969; Методы и результаты, 1973; и др.]. Появление мезо-кайнозойских океанических шкал с датировками многочисленных инверсий в десятки тысяч лет (!) в известной мере стало своеобразным стимулятором поиска и выделения кратковременных геомагнитных событий. Однако не следует забывать, что механизм спрединга еще далеко не разгадан, ряд исследователей вообще отрицает его [Белюсов, 1975; и др.]. Даже в рамках гипотезы Вайна — Мэтьюза нельзя, по-видимому, совершенно исключать возможность внедрения более молодых даек и покровов в стороне от рифтового ущелья срединно-океанических хребтов, а не только по их оси.

Отсюда две стратегии, два возможных подхода к построению сводных палеомагнитных шкал: учет всех выявленных горизонтов прямой и обратной полярности либо внесение в разрез только тех из них, которые распространены глобально. В первом случае, очевидно, может произойти засорение шкалы горизонтами вторичного происхождения, во втором — разрежение шкалы за счет исключения некоррелируемых мало мощных горизонтов. В последнем случае на передний план выдвигаются генеральные определяющие черты временных состояний геомагнитного поля за счет исключения из рассмотрения кратковременных, не зафиксированных повсеместно геомагнитных событий.

Для наших целей в равной мере интересны оба подхода. Апеллировать следует к материковым шкалам, памятуя о масштабах (детальности) записи палеомагнитной информации, поскольку океанические шкалы освещают историю геомагнитной полярности лишь для последних 160 млн лет при  $0,6 < i < 1$ .

Наборы опубликованных палеомагнитных шкал, собранных по состоянию на 01.01.82 г., представлены на рис. 17—27. Они неравноценны по детальности и полноте изученных разрезов и различны по методам построения и подходу, но мы располагаем только этим материалом.

## ЭВОЛЮЦИЯ ФУНКЦИИ ИНВЕРСИВНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЯ АКТИВИЗАЦИИ

Изменяемость числа инверсий во времени в различные стадии знакопеременного поля показана на рис. 13. С учетом различной продолжительности названных стадий число разнополярных горизонтов приводится за 1 млн лет. Вертикальные линии дают представление о вариациях числа инверсий при изменении под-

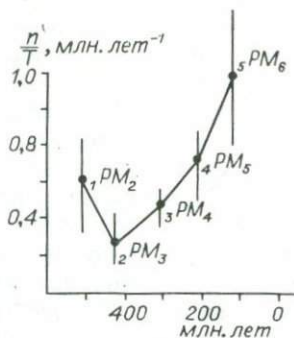


Рис. 13. Изменяемость числа инверсий за 1 млн лет в разные стадии знакопеременного поля (континентальные палеомагнитные шкалы).

хода (стратегии) к построению опорного палеомагнитного разреза. Очевидно, что общий характер эволюции параметра  $\frac{n}{T}$  не зависит от выбранной стратегии.

Нетрудно увидеть, что поведение параметра  $\frac{n}{T}$  полностью отвечает предсказанному теорией и как бы следует за изменениями инверсивности (рис. 14, табл. 4). Более того, рассматриваемые параметры связаны между собой простой зависимостью (рис. 15; см. табл. 4)

$$\left(\frac{n}{T}\right)_{\text{PM}_{k+1}} = q' i. \quad (8)$$

При переходе к характерному времени  $T$  выражение (8)

Таблица 4

Вариации параметра  $q'$  в стадии знакопеременного поля

Стадия	Используемый временной интервал, млн лет			Число инверсий $n$	$\frac{n}{T}$	$i$	$q'$
	начало	конец	длительность, $T$				
$1\text{PM}_2$	505	535	30	9	0,30	0,28	1,1
$2\text{PM}_3$	430	465	35	?			
	465	485	20	6	0,30	0,30	1,0
$3\text{PM}_4$	297	323	26	9	0,35	0,40	0,9
$4\text{PM}_5$	192	211	19	$>19$	$\sim 1$	0,91	1,1
	211	225	14				
	225	248	23				
Неразвившаяся мюстадия							
$5\text{PM}_6$	111	137	26	21	0,80	0,73	1,1
$6\text{PM}_7$	0	70	70	43	0,61	0,57	1,1

Примечание. Число инверсий  $n$  приводится по генерализованному разрезу;  $q' = \frac{n}{iT}$ .

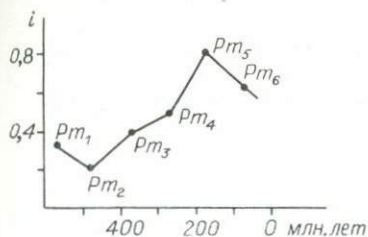


Рис. 14. Изменения инверсивности  $i$  во времени.

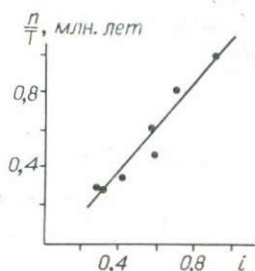


Рис. 15. Зависимость числа инверсий от инверсивности для последних 600 млн лет.

трансформируется к виду

$$n_{kPM_{k+1}} = q' T i = q i, \quad (9)$$

где  $q'$  и  $q$  — константы, указывающие число инверсий в стадию знакопеременного поля при возбужденном состоянии геомагнитного поля за единицу времени и за время  $T$  соответственно.

Согласно (6) можно записать

$$q = n_{\max} a_k = \text{const}, \quad (10)$$

$$\varphi(i) = i, \quad (11)$$

$$a_k = \text{const}, \quad (12)$$

поскольку  $n_{\max}$ , согласно (3), является заданной величиной.

Вывод (12) поддается экспериментальной проверке. Согласно данным работы [Кравчинский, 1979], в стадии относительно устойчивого палеогеографического положения континентов средние скорости их направленного поступательного (не колебательного!) перемещения относительно полюса не превышали, как правило, 0,20 град/млн лет (2,2 см/год), но возрастали до 1 град/млн

Таблица 5

Вариации средних скоростей эпейрофореза по стадиям

Стадия	Средняя скорость эпейрофореза	Платформы, данные по которым включены в расчет	Стадия	Средняя скорость эпейрофореза	Платформы, данные по которым включены в расчет
${}_1PM_2$	0,93	1	${}_4PM_5$	1,25	1—3; 5
$PM_2$	0,18	1	$PM_5$	0,13	1; 6
${}_2PM_3$	1,29	1; 2	${}_5PM_6$	?	—
$PM_3$	0,14	1—3	$PM_6$	0,21	6; 7
${}_3PM_4$	0,89	1—3	${}_6PM_7$	0,01	6; 7
$PM_4$	0,20	1—3			

Примечание. Платформы: 1 — Сибирская, 2 — Восточно-Европейская, 3 — Северо-Американская, 4 — Африканская, 5 — Южно-Американская, 6 — Австралийская, 7 — Индийская.

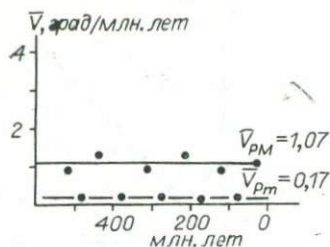


Рис. 16. Вариации средних скоростей эпейрофореза в фанерозе.

лет и более \* (до 11 см/год) в стадии эпейрофореза (табл. 5, рис. 16). Для второй половины мезозоя и кайнозоя ( $PM_5 - 6PM_7$ ) привлечены данные только по Индии и Австралии, поскольку остальные материк перемещались вдоль широт, что затрудняет определение скоростей их перемещения с помощью палеомагнитного метода. Для раннего палеозоя наиболее обстоятельные палеомагнитные материалы получены по Восточной Сибири.

Обращает на себя внимание близость между собой средних скоростей эпейрофореза для разных стадий активизации. Аналогичным образом, близки между собой скорости эпейрофореза разных стадий устойчивого положения регионов. Это указывает на выдержанность параметра  $\frac{V_{PM}}{V_{Pm}}$  и, в соответствии с (5), величины  $a_K$  и согласуется с (12).

#### ОЦЕНКА ЧИСЛА ИНВЕРСИЙ В СТАДИЮ АКТИВИЗАЦИИ

Поскольку при невозбужденном состоянии геомагнитного поля (при  $i_K \rightarrow i_{min}$ ) в стадию устойчивого поля  $Pm_K$  инверсий не происходит, т. е. число монополярных палеомагнитных интервалов  $n_K = (n_{Pm_K})_{min} = 1$ , для знакопеременного поля, согласно (6) и (9) — (12), можно записать

$$(n_{K, Pm_{K+1}})_{min} = n_{max} i_{min} a_K = a_K > 1 \quad (13)$$

за характерное время  $T$ , соизмеримое с продолжительностью существования устойчивого поля.

Если при возбужденном состоянии геомагнитного поля ( $i_K \rightarrow i_{max} \rightarrow 1$ ) выделяются стадии устойчивого поля, то, по (3),

$$(n_{Pm_K})_{max} = n_{max} i_{max},$$

откуда

$$n_{max} i_{max} < n_{max} i_{min} a_K,$$

$$\frac{i_{max}}{i_{min}} < a_K$$

или

$$i_{min} > a_K^{-1}. \quad (14)$$

\* Известны значения более 3,2 град/млн лет.

Подставляя (14) в (4) и (6), получим

$$\begin{aligned} n_{\max} &< a_{k^*} \\ n_{k^*PM_{k+1}} &< a_{k^*}^2 i_{k^*} \\ (n_{k^*PM_{k+1}})_{\max} &< a_{k^*}^2 \end{aligned} \quad (15)$$

Если при  $i_{\max} \rightarrow 1$  стадии устойчивого поля выделить нельзя, дополнительно возникнут ситуации

$$i_{\min} \leq a_{k^*}^{-1}, \quad (16)$$

$$(n_{k^*PM_{k+1}})_{\max} \geq a_{k^*}^2. \quad (17)$$

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ НОМЕНКЛАТУРА И ИЕРАРХИЯ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ЕДИНИЦ

Из изложенного выше следует, что в зависимости от степени геонимической активизации  $a_k$  и условий ее реализации  $i_k$ , выраженных соответственно в режимах и состояниях геомагнитного поля, длительность существования монополярного поля будет

варьировать от  $T$  до  $t_{\min} \rightarrow \frac{T}{(n_{k^*PM_{k+1}})_{\max}}$ .

Монополярные отрезки времени, соизмеримые с характерным временем  $T$ , предлагается определять как моностадии геомагнитного поля. Они могут осложняться и осложняются редкими, сравнительно непродолжительными (отличающимися на порядок и более) изменениями знака — инверсиями поля, которые рассматриваются как второстепенные осложнения устойчивого поля.

Согласно (6) с увеличением числа подобных инверсий в  $a$  и более раз моностадия  $T$  трансформируется в знакопеременную последовательность, названную полистадией (палеомагнитной перестройкой). По (13) и (15) составляющие ее монополярные отрезки времени длительностью

$$a^{-2}T < t \leq a^{-1}T \quad (18)$$

определяются как ортостадии. Колебания в длительностях ортостадий обусловлены вариациями параметров  $C$ ,  $i$  и  $a$ . Несколько ортостадий образуют гетеростадию. Таким образом, полистадия может включать две и более гетеростадии, каждая из которых отличается специфическим набором ортостадий.

Все инверсии длительностью

$$t' < \frac{T}{a^2} \quad (19)$$

именуются гипостадиями. Они могут осложнять монополярные единицы любого ранга либо образовывать самостоятельные последовательности — парастадии.

Итак, в порядке убывания длительностей выделяются три основные монополярные единицы: моно-, орто- и гипостадия, и столько же знакопеременных: поли-, гетеро- и парастадия.

Орто- и гипостадии как элементы полистадии могут группироваться и образовывать в рамках полистадии специфические совокупности орто- и гипостадий, называемые соответственно гетеро- либо парастадиями. Равным образом орто-, гипо-, реже гетеро- и парастадии могут входить в состав монополярной стадии в качестве осложняющих элементов. Единицы большей продолжительности, в свою очередь, состояются из моно- и полистадий и по этой причине рассматриваются как знакопеременные.

Монополярная стадия и обрамляющие ее полиполярные стадии образуют палеомагнитный этап. Граница между двумя смежными этапами проводится посередине обрамляющих полистадий. Отсюда длительность этапа составляет  $2T$ .

Совокупность палеомагнитных этапов может быть объединена в палеомагнитный мегаэтап (сокращенно *mag*, например фанеромаг). Продолжительность мегаэтапа равна  $kT$ , где  $k$  — число входящих в мегаэтап моно- и полистадий. Поскольку длительность реальных моно- и полистадий  $T_K$  в силу разных причин может отличаться от характерного времени  $T$ , продолжительность мегаэтапа может быть определена как  $\sum_k T_K$ . В таком случае

$$T = \frac{\sum_k T_K}{k}. \quad (20)$$

По (18), максимальная продолжительность ортостадии  $t \leq \leq a^{-1} T$ . Поскольку полистадия, с одной стороны, соизмерима с  $T$ , с другой же должна включать не менее трех таких чередующихся ортостадий, ее минимальная длительность оценивается в

$$T_{K_{\min}} \geq 3a^{-1} T \rightarrow T_{\min}. \quad (21)$$

Соответственно знакопеременные и монополярные отрезки времени длительностью менее  $T_{\min}$  должны рассматриваться как осложнения включающих их моно- и полистадий.

Разность  $(T - T_{\min})$  дает представление о величине возможных максимальных отклонений параметра  $T_K$  от  $T$ , т. е.

$$(T - T_{\min}) \rightarrow |T_K - T|_{\max}.$$

Отсюда

$$T - |T_K - T|_{\max} \leq T_K \leq T + |T_K - T|_{\max} = = T + (T - T_{\min}). \quad (22)$$

Поскольку продолжительность  $T_K$  определяется условиями аккумуляции тепловой энергии, надо полагать, что при  $T_K \rightarrow \rightarrow T_{\min}$  может, а при достижении  $T_{\max}$  должна происходить смена режимов геомагнитного поля: моностадия должна сменяться

полистадий, и наоборот. Поэтому удлинённые моно- и полиполярные стадии (при  $T_K \rightarrow T_{\max}$ ), в отличие от неудлинённых, в средней части (по истечении около  $T_{\min}$  млн лет) могут по меньшей мере осложняться гетеро- либо удлинёнными ортостадиями продолжительностью менее  $T_{\min}$ . По времени проявления, равно как и по длительности, эти осложнения могут трактоваться как несостоявшиеся, неразвившиеся моно- и полистадии в структуре вмещающих их таксономических единиц.

Исходя из представления о постепенном разогреве недр Земли с последующим выносом тепла и вещества в ее верхние сферы, следует считать, что появление удлинённых моностадий указывает на относительную охлажденность недр, а осложняющие их гетеростадии надо рассматривать как приспособительную реакцию жидкого ядра на разогрев тела Земли. Дальнейшее повышение температуры будет сопровождаться последовательным вырождением моностадий до ортостадии, осложняющей удлинённую полистадию, и соответствующим разрастанием полистадий от гетеростадии, осложняющей удлинённую моностадию, до удлинённой полистадии продолжительностью  $T_K \rightarrow T_{\max}$ . Максимальная продолжительность стадии активного выноса тепловой энергии предполагает максимальное охлаждение недр. Затем вся последовательность повторяется.

Отсюда наиболее простая теоретическая последовательность монополярных стадий  $Pm_K$  и разделяющих их полиполярных стадий  ${}_K P M_{K+1}$  может быть описана следующим образом (снизу вверх):

$Pm_x$  — некая начальная удлинённая моностадия с  $T_K \rightarrow T_{\max}$ .

Осложнена гетеростадией;

${}_x P M_{x+1}$  — первая полистадия длительностью  $T_K \geq T_{\min}$ ; (23)

$Pm_{x+1}$  — ординарная моностадия длительностью около  $T$ ;

${}_{x+1} P M_{x+2}$  — завершающая удлинённая полистадия с  $T_K \rightarrow T_{\max}$ ,

осложнённая ортостадией длительностью менее  $T_{\min}$ .

Затем вся последовательность повторяется. Конечно, между начальной и завершающей стадиями можно вклинить ряд сменяющихся моно- и полистадий длительностью  $T_{\min} < T_K < T_{\max}$ . Но прежде чем приступить к такой операции, целесообразно проверить принципиальное соответствие простейшей теоретической схемы наблюдениям и только затем вносить в нее необходимые коррективы путем увеличения числа промежуточных моно- и полистадий между удлинёнными начальной и завершающей стадиями.

Среди множества возможных сочетаний монополярных стадий с разделяющими их полиполярными стадиями имеются две критические, при которых подавляется поле либо знакопеременной, либо устойчивой полярности.

Согласно (6) и (13), одна из критических ситуаций возникает при невозбужденном состоянии геомагнитного поля, когда  $i_k < i_{min} \rightarrow 0$ . Она сопряжена и опознается по концентрации материков в одном из полушарий (южном или северном). При  $i_k \rightarrow i_{min}$  полистадии включают наименьшее число разнополярных ортостадий, которые могут трансформироваться в неразвившиеся моностадии длительностью  $t \rightarrow T_{min}$ , преобразуя тем самым полистадию (в пределе до моностадии). При совпадении полярности приграничной неразвившейся моностадии с полярностью смежной моностадии произойдет в результате их слияния образование моностадии аномальной длительности до

$$T_a \rightarrow (T_k + T_{min}) \rightarrow \lim (T_{max} + T_{min}) \rightarrow 2T \quad (24)$$

и согласованное уменьшение длительности полистадии в пределе до

$$T_{amin} \rightarrow (T_k - T_{min}) \rightarrow \lim (T_{min} - T_{min}) \rightarrow 0. \quad (25)$$

В последнем предельном случае может произойти слияние двух моностадий одинаковой полярности и разделяющей их полистадии  $T_{amin} \rightarrow 0$  в одну моностадию предельно большой длительности

$$T_{amax} \rightarrow 3T, \quad (26)$$

где  $T_{amax}$ ,  $T_a$  и  $T_{amin}$  — аномальные длительности моно- и полистадий в критических условиях.

По тем же причинам отдельные ортостадии, обычно осложняющие монополярные стадии, могут трансформироваться до неразвившихся моностадий, преобразуя в критических условиях моностадию в последовательность разнополярных крупных ортостадий (неразвившихся моностадий).

Вторая критическая ситуация складывается при состоянии крайнего возбуждения геомагнитного поля ( $i_k \rightarrow i_{max} = 1$ ) в связи с неопределенностью его знака. При этом моностадии распадаются на разнополярные ортостадии, что затрудняет либо делает невозможным выделение монополярной стадии. Сливаясь со смежными полистадиями, распавшаяся моностадия может образовать одну сложнопостроенную полистадию предельно большой длительности до

$$T_{amax} \rightarrow 3T.$$

Ситуация опознается по примерному равенству континентальных площадей, расположенных к югу и северу от экватора.

Очевидно, что при эмпирическом изучении истории магнитного поля Земли исследуется, как правило, не та или иная отдаленная от нас на многие тысячи и миллионы лет палеомагнитная стадия, а только запись геомагнитных событий, нередко сохраняющаяся в горных породах благодаря наличию магнитных минералов. Иными словами, последовательность палеомагнитных стадий опосредована и познается через магнитостратиграфическую последовательность; она представляет собой пачки литологических

## Теоретическая номенклатура и иерархия палеомагнитных единиц и их магнитостратиграфические и магнитохронологические эквиваленты

Ранг единицы	Единицы палеомагнитной систематики				Магнитостратиграфические эквиваленты		Хронологические единицы		
	Монополярные	Знакопеременные	Длительность	Оценка абсолютной продолжительности, млн лет					
1	Моностадия (пассивная)	Палеомагнитный мегаэтап	$kT$	$\sim 650$	Монополярный горизонт	Полиполярный горизонт	Мегаэтап		
2		Палеомагнитный этап	$2T$	70—150			Этап		
3		Полистадия (активная)	$T_{\min} \leq T \leq T_{\max}$	20—77		Ортополярный горизонт	Гетерополярный горизонт	Монополихрон	
4		Гетеростадия	$nt$	0,25—6,9				Параполярный горизонт	Гетерохрон
5		Ортостадия	$a^{-2}T \leq t \leq a^{-1}T$						Ортохрон
6		Парастадия	$mt'$	$\leq 0,25$		Гипополярный горизонт		Парахрон	
7		Гипостадия	$t' < t$					Гипохрон	

Примечание.  $k, n, m$  — число стадий разного ранга, где  $k, n, m > 2$ .

разновидностей горных пород, которые могут быть разделены на горизонты, сформированные в ту или иную палеомагнитную стадию. Используя принятую для градации палеомагнитных стадий номенклатуру, магнитостратиграфические горизонты можно удобно соотносить с соответствующими палеомагнитными стадиями (табл. 6). Временным аналогом стадии принимается хрон, длительность которого обозначается с помощью тех же таксономических приставок.

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СХЕМА ГЕОМАГНИТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ В ФАНЕРОМАГЕ

Согласно (9) и в соответствии с (15)

$$(n_{kPM_{k+1}})_{\max} = q = q' T < a_k^2 \quad (27)$$

Для случая генерализованного опорного палеомагнитного разреза, предусматривающего выделение наиболее значительных монополярных горизонтов, таких, которые могут быть прослежены в опорных палеомагнитных разрезах континентов повсеместно,  $q' = 1,1$  (см. табл. 5, рис. 14).

По (20) и в соответствии со схемой, приведенной на рис. 10,  $T \rightarrow 48,6$  млн лет. Тогда  $a_k \rightarrow 7,3$ . Здесь и ниже речь идет не об истинном, а об эффективном значении функции  $a_k$ . Под эффективным значением показателя геонимической активизации понимается такое его значение, которое отвечает соотношению (27). Но величина  $q$ , которая по (10) для заданных условий является постоянной, в зависимости от стратегии построения опорного разреза и полноты его освещения может принимать разные значения. Иными словами, за счет неполноты учета параметра  $n_{\max}$  в выражении (10) величина  $q$  и соответствующее ей эффективное значение  $a_k$  могут описывать генерализованные либо полные палеомагнитные разрезы; в последнем случае  $q$  будет близко к своему истинному значению. Привлекать для подобных целей случайные разрезы недопустимо.

Если в качестве полного разреза принять океаническую шкалу геомагнитных инверсий по Дж. Хейртцлеру и соавторам [Heirtzler et al., 1968] (см. табл. 9) для последних 70 млн лет, то получим  $a_k = 14,1$ .

В таком случае по (13)

$$(n_{kPM_{k+1}}) = 7 \div 14 \text{ инверсий} \quad (28)$$

за одну полиполярную стадию при невозбужденном состоянии геомагнитного поля ( $i \rightarrow i_{\min} \rightarrow 0$ ) за характерное время  $T$  млн лет\*

\* Для расчета показателя  $a_k$  нельзя использовать данные о раздвижении дна океанов не только потому, что наиболее полные и обстоятельные материалы по океанам имеются лишь для последних 70 млн лет и практически неизвестны участки океанического ложа древнее поздней юры (древнее 155 млн лет). Существенно, что в стадии геонимической активизации формирование океанического ложа допускается в Мировом океане «повсеместно»,

для генерализованного и полного палеомагнитных разрезов соответственно.

Поскольку монополярная стадия намечается даже в состоянии крайне возбужденного поля при  $i \rightarrow 1$  (см. рис. 10, 11, табл. 7), получим по (15)

$$(n_{\text{кРМ}_{\text{к}+1}})_{\text{max}} < 53 \div 198 \text{ инверсий} \quad (29)$$

для полиполярной стадии за характерное время  $T$  млн лет для генерализованного и полного разрезов.

Отсюда характерная продолжительность ортостадии  $t$  как составной части полистадии по (18) варьирует от 6,9 до 0,25 млн лет, длительность гипостадии  $t'$  — 0,25 млн лет и менее по (19).

По (22) длительность неаномальных моно- и полистадий оценивается в

$$20 \text{ млн лет} \leq T_{\text{к}} \leq 77 \text{ млн лет} \quad (30)$$

и достигает 145 млн лет для  $T_{\text{аmax}}$  при нарушениях структуры моно- и полистадий согласно (24)—(26).

Теоретическая схема полярности геомагнитного поля в фанеромаге для рассмотренной палеогеографической последовательности расположения континентов приведена в табл. 7. Обсуждение теоретической схемы целесообразно вести, сопоставляя ее с данными прямых наблюдений. В настоящей главе можно ограничиться лишь самыми общими замечаниями.

Полагая, что последняя полиполярная стадия, охватывающая весь кайнозой, является удлинённой, сверху вниз может быть развернута согласно ряду (23) следующая простейшая последовательность моно- и полистадий с отношением  $T_{\text{к}} : T$ , отраженным в табл. 7 (графа 9). Эта последовательность включает три ряда палеомагнитных стадий (всего 12 моно- и полистадий, 6 палеомагнитных этапов) суммарной продолжительностью около 600 млн лет, но может быть осложнена. Данная в графе 1 индексация шести монополярных стадий  $P_{\text{тк}}$  и шести разделяющих их полиполярных стадий  $_{\text{к}}P_{\text{М}_{\text{к}+1}}$  заимствована из работы [Кравчинский, 1979] и согласуется с принятой в геологии системой обозначений «снизу вверх».

При подсчете континентальных площадей, как уже отмечалось выше, площадь материков в начале фанеромага принималась

---

что обеспечивает дрейф континентов и согласуется с данными о кайнозойских линейных магнитных аномалиях в океанах. В стадии относительно спокойного развития возможны очаговое распределение областей поступления легкого мантийного дифференциата и соответственно значительные колебания скоростей очагового наращивания океанического ложа со всеми вытекающими отсюда следствиями.

Таблица 7

Теоретическая схема полярности геомагнитного поля в фанерозоге

Палеомагнитные моно- и полистадии	Площадь материков, млн. км <sup>2</sup>		Коэффициент континентальности С	Полярность	Инверсивность $i$	Число инверсий за время T при разных $a_K$		Относительная длительность стадий $T_K/T$	Число инверсий за время $T_K$ при разных $a_K$		Наличие неразвитых моно- и полистадий	Фактическая относительная длительность стадий $T_K/T$	Число инверсий за фактическое время $T_K$ при разных $a_K$		Наличие неразвитых моно- и полистадий
	$S_N$	$S_R$				7,3	14,1		7,3	14,1			7,3	14,1	
	2	3													
$6PM_7$					0,57	30	112	1,5	45	168	1	144	43	162	1
$PM_6$	87,2	56,3	1,54	N	0,64			1,0			-	0,84			-
$5PM_6$					0,73	38	144	0,5	19	72	-	0,53	20	76	-
$PM_5$	73,5	60,8	1,21	N	0,82			1,5			1	1,13	7	73	1
$4PM_5$					0,91	48	180	0,6	29	107		0,39	19	70	
					0,90	-	-	0,4	-	-	1	0,29	1	3	1
					0,58	30	115	0,5	14	57		0,47	14	54	
$PM_4$	35,6	75,1	0,47	R	0,47			1,0			-	1,0			-
$3PM_4$					0,40	21	79	0,5	10	39	-	0,53	11	41	-
$PM_3$	29,3	77,3	0,38	R	0,38			1,5			1	2,20			1
$2PM_3$					0,30	15	59	1,5	22	88	n	1,13	16	99	≥1
$PM_2$	17,7	82,3	0,21	R	0,21			1,0			n	0,72	10	63	?
$1PM_2$					0,28	14	55	0,5	7	27	-	0,41	9	34	-
$PM_1$	24,2	74,9	0,32	R	0,32			1,5			1	?			1

равной суммарной площади докембрийских платформ и микроплатформ (срединных массивов). В дальнейшем палеогеографическое положение и площади континентов менялись за счет приращения к ним складчатых областей. Поэтому при расчете кинетических параметров геомагнитной полярности для каждой полистадии  $PM_{k+1}$  в качестве исходной принималась палеогеографическая ситуация, промежуточная между  $PM_k$  и  $PM_{k+1}$ .

Согласно данным табл. 1 и 7, критические ситуации в фанерозоге могли иметь место дважды: в  $4PM_5$ ,  $PM_5$ ,  $5PM_6$  и в  $PM_2$ ,  $2PM_3$  и  $PM_3$ . Вторая половина полистадии  $4PM_5$  знаменует переход от обратной палеогеографической и геомагнитной полярности к прямой. Следующая за ней моностадия  $PM_5$  характеризуется возбужденным состоянием геомагнитного поля (в северном полушарии в  $PM_5$  располагалось 54% площади материков). Поэтому в триаде  $4PM_5 - PM_5 - 5PM_6$  моностадия  $PM_5$  устойчивого поля прямой полярности в зависимости от  $a_K$  может выделяться не-

уверенно либо вовсе не выделяться. Ее границы со смежными полистадиями могут быть достаточно неопределенными. Возможна трансформация триады в сложно построенную знакопеременную полистадию аномальной длительности  $T_{a_{\max}} \rightarrow 3T$  по (26).

Второй случай сопряжен с концентрацией более 80% площади материков в южном полушарии. Моностадии  $Pm_2$  и  $Pm_3$  могут быть осложнены ортостадиями прямой полярности и большой длительности с  $t \rightarrow T_{\min}$  (неразвившимися моностадиями). Разделяющая их полистадия  ${}_2PM_3$  включает наименьшее число (на единицу времени) разнополярных ортостадий, которые могут трансформироваться в неразвившиеся моностадии. Возможно слияние приграничных неразвившихся моностадий обратной полярности со смежными моностадиями обратной полярности  $Pm_2$  или  $Pm_3$  и соответствующие деформации длительностей  $Pm_2$ ,  ${}_2PM_3$  и  $Pm_3$  до  $T_{a_{\max}}$  и  $T_{a_{\min}}$ , согласно (24)—(26).

---

### Глава 3

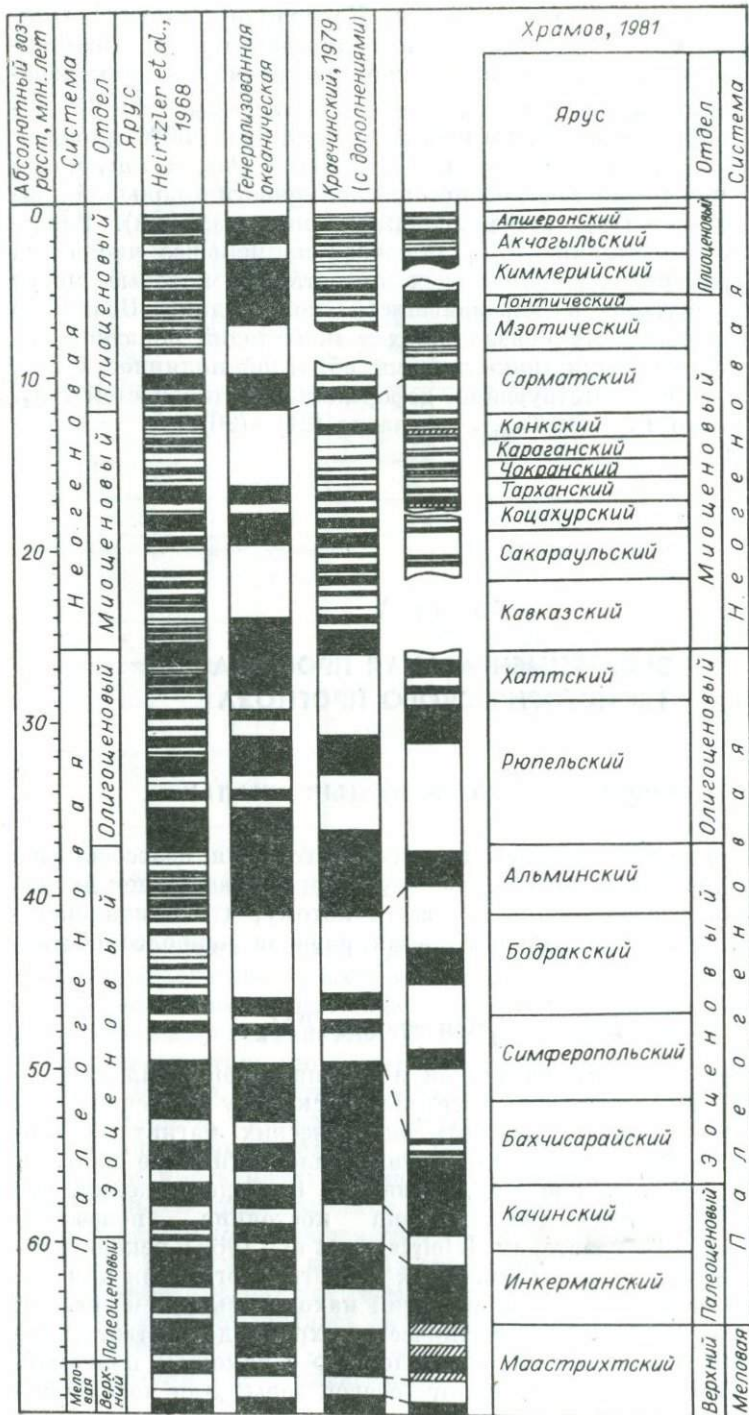
## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ГЕОИСТОРИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА

### ОПОРНЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ШКАЛЫ

Описание шкал инверсий геомагнитного поля целесообразно начать с современной эпохи с последующим продвижением вглубь геологического времени прежде всего потому, что плиоплейстоценовая история геомагнитного поля изучена наиболее обстоятельно.

#### Полиполярная стадия ${}_6PM_7$

Идентичность континентальной и океанической шкал для последних 4,5 млн лет predetermined, поскольку за основу при установлении возраста линейных океанических магнитных аномалий приняты хорошо датированные палеомагнитные события. Экстраполяция вглубь времен, сделанная в предположении, что скорость спрединга дна океана постоянна, позволила Дж. Хейртцлеру и соавторам [Heirtzler et al., 1968] реконструировать последовательность инверсий геомагнитного поля для последних 80 млн лет. Время инверсий находилось путем деления расстояния от оси срединно-океанического хребта до соответствующей магнитной аномалии на вычисленную с помощью палеомагнитных данных скорость спрединга осевой зоны. Для модельного



Храмов, 1981

Ярус

Плиоценовый

Миоценовый

Олигоценый

Эоценовый

Палеоценовый



профиля, проложенного в Южной Атлантике вдоль 28°18' ю. ш., скорость спрединга осевой зоны оценивается в 1,9 см/год по Г. Диксону. Согласно палеонтологическим данным, возраст донных отложений, отобранных в зоне магнитной аномалии № 6 (46°30' с. ш., 135° з. д.) в северной части Тихого океана, соответствует нижнему — среднему миоцену (13—26 млн лет). Вычисленный по океанической шкале возраст аномалии № 6 — 20—22 млн лет. В южной части Атлантического океана у подножия хребта Рио-Гранде, непосредственно к западу от аномалии № 31 был отобран образец меловых отложений. Возраст аномалии № 31 по океанической шкале составляет 72 млн лет. Эти параметры, иллюстрируя блестящий успех научного предвидения и принципиальную приемлемость принятой модели, одновременно дают представление о степени неопределенности при подобных экстраполяциях.

Океаническая шкала по Дж. Хейртцлеру с соавторами [Heirtzler et al., 1968] и сводная палеомагнитная шкала, составленная по материалам советских исследователей [Кравчинский, 1979] с учетом данных работы [Сох, 1969], приведены на рис. 17. В океанической шкале для последних 70 млн лет выделены 91 ортостадии и 72 гипостадии (всего 163) прямой и обратной полярности. Среди них встречаются гипостадии (более 30), длительность формирования которых оценивается в первые десятки тысяч лет.

Континентальная шкала, с учетом данных работы [Сох, 1969], включает около 80 орто- и гипостадий прямой и обратной полярности. Наблюдаемые разреженность и укрупнение палеомагнитных горизонтов в палеогене обусловлены, по-видимому, двумя основными причинами: неполнотой изученных разрезов и экстраполяцией этих данных на более крупные стратиграфические подразделения.

Континентальная и океаническая шкалы одинаково описывают кайнозой как знакопеременную полиполярную стадию геомагнитного поля  ${}_6PM_7$ , нижняя граница которой в обоих случаях может быть совмещена с границей маастрихтского и кампанского ярусов стратиграфической шкалы (около 70 млн лет).

Нам неизвестны попытки разделить эту полистадию, продолжительность которой даже несколько превосходит длительность кайнозойской эры, на составляющие ее специфические гетеростадии. Шкала А. Кокса не может быть принята во внимание, поскольку описывает тонкую структуру геомагнитного поля лишь для последних 4—6 млн лет и вне всякой связи и соподчиненности с полистадией  ${}_6PM_7$  в целом.

Материалы о структуре полистадии  ${}_6PM_7$ , приведенные в табл. 8, позволяют выделить в ее составе четыре гетеростадии

---

Рис. 17. Палеомагнитные шкалы полиполярной стадии  ${}_6PM_7$ .

Здесь и на рис. 18—27:

1—3 — прямая (1), обратная (2) и неустойчивая (3) полярность.

Структура полиполярной стадии  ${}_6PM_7$   
(по данным аэромагнитных съемок в океанах [Heirtzler et al., 1968])

Полиполярная стадия, 0—70 млн лет	Средняя длительность инверсии		
	Общая	n-инверсии	r-инверсии
Гетеростадия равномерного чередования n- и r-полярности	$\frac{25(0-25)}{81} = 0,31$	$\frac{13,3}{41} = 0,32$	$\frac{12,1}{40} = 0,30$
Гетеростадия с преобладанием r-полярности	$\frac{16(25-41)}{41} = 0,37$	$\frac{5,9}{20} = 0,29$	$\frac{9,4}{21} = 0,45$
Неразвившаяся моностадия прямой полярности, осложненная орто- и гипостадиями	8,6(41—49,6)	6,1	$\frac{2,5}{9} = 0,27$
Гетеростадия с преобладанием r-полярности	$\frac{20,4(70-49,6)}{21} = 0,97$	$\frac{6,7}{10} = 0,67$	$\frac{12,9}{11} = 1,17$

Примечание. В числителе приведена длительность стадии, млн лет, в знаменателе — число инверсий. В скобках дан временной интервал каждой стадии.

со специфическими характеристиками (сверху вниз):

стадия равномерного чередования орто- и гипостадий прямой и обратной полярности. Гетеростадия охватывает последние 25 млн лет (антропоген — неоген);

гетеростадия с преобладанием обратной полярности (25—41 млн лет, олигоцен — поздний эоцен). Суммарная длительность существования поля прямой полярности составляет 5,9 млн лет, обратной — 9,4;

неразвившаяся моностадия прямой полярности (41—49,6 млн лет, средний эоцен). Осложнена семью гипостадиями обратной полярности общей длительностью 0,9 млн лет и двумя ортостадиями общей продолжительностью 1,62 млн лет;

гетеростадия с преобладанием обратной полярности (49,6—70 млн лет, ранний эоцен — маастрихт). Суммарная длительность существования поля прямой полярности — 6,67, обратной — 12,89 млн лет.

Поздняя и ранняя гетеростадии уверенно опознаются в материковых шкалах, средние чрезвычайно генерализованы и нуждаются в детальных исследованиях.

Теоретические расчеты для  ${}_6PM_7$  дают 168 ортостадий при  $a_K = 14,1$  и длительности  $T_K = 1,5 T$ . При фактической длительности  $T_K = 1,44$  океаническая шкала включает 163 ортостадии при расчетном значении 162. В обоих случаях в составе  ${}_6PM_7$  выделяется неразвившаяся моностадия прямой полярности. В океанической шкале она осложнена девятью гипо- и ортостадиями (см. табл. 7, рис. 16; табл. 9).

Согласно (23), такая смена знакопеременного поля на режим устойчивой полярности может произойти не ранее, чем через  $T_{\min}$  после установления знакопеременного поля. Расчетное зна-

Последовательность длительностей геомагнитных инверсий полистадии  $6PM_7$ 

По [Heirtzler et al., 1968]			После генерализации			
№ п/п	N-полярность	R-полярность	№ п/п	N-полярность	R-полярность	Абсолютный возраст, млн лет
1	2	3	4	5	6	7
1	0,69		1	0,69		0,69
2		0,20				0,89
3	0,06					0,95
4		0,83	2		0,83	1,78
5	0,15					1,93
6		0,55			0,55	2,48
7	0,45		3	0,45		2,93
8		0,13				3,06
9	0,31			0,31		3,37
10		0,67	4		0,67	4,04
11	0,18					4,22
12		0,13				4,35
13	0,18					4,53
14		0,13				4,66
15	0,11					4,77
16		0,04				4,81
17	0,20					5,01
18		0,60			0,60	5,61
19	0,27					5,88
20		0,08				5,96
21	0,28					6,24
22		0,33			0,33	6,57
23	0,13					6,70
24		0,21				6,91
25	0,09					7,00
26		0,02				7,07
27	0,39		5	0,39		7,46
28		0,05				7,51
29	0,04					7,55
30		0,36			0,36	7,91
31	0,37			0,37		8,28
32		0,09				8,37
33	0,14					8,51
34		0,28				8,79
35	1,15			1,15		9,94
36		0,83	6		0,83	10,77
37	0,37			0,37		11,14
38		0,57			0,57	11,72
39	0,13					11,85
40		0,08				11,93
41	0,50		7	0,50		12,43
42		0,29				12,72
43	0,37			0,37		13,09
44		0,20				13,29
45	0,42			0,42		13,71
46		0,25				13,96
47	0,32			0,32		14,28
48		0,23				14,51
49	0,31			0,31		14,82
50		0,06				14,83
51	0,57			0,57		15,45

1	2	3	4	5	6	7
52		0,26				15,71
53	0,29					16,00
54		0,03				16,03
55	0,38			0,38		16,41
56		0,92	8		0,92	17,33
57	0,47		9	0,47		17,80
58		0,03				17,83
59	0,19					18,02
60		0,89	10		0,89	18,91
61	0,35			0,35		19,26
62		0,36			0,36	19,62
63	0,34			0,34		19,96
64		0,23				20,19
65	1,12		11	1,12		21,31
66		0,34			0,34	21,65
67	0,26					21,91
68		0,26				22,17
69	0,47			0,47		22,64
70		0,26				22,90
71	0,18					23,08
72		0,21				23,29
73	0,11					23,40
74		0,23				23,63
75	0,44			0,44		24,07
76		0,34	12		0,34	24,41
77	0,18					24,59
78		0,23				24,82
79	0,15					24,97
80		0,28				25,25
81	0,18					25,43
82		1,43			1,43	26,86
83	0,12					26,98
84		0,07				27,05
85	0,32			0,32		27,37
86		0,46			0,46	27,83
87	0,20					28,03
88		0,32			0,32	28,35
89	0,09					28,44
90		0,08				28,52
91	0,81		13	0,81		29,33
92		0,45	14		0,45	29,78
93	0,64		15	0,64		30,42
94		0,06				30,48
95	0,45			0,45		30,93
96		0,57	16		0,57	31,50
97	0,34			0,34		31,84
98		0,06				31,90
99	0,27					32,17
100		0,99	16		0,99	33,16
101	0,39		17	0,39		33,50
102		0,06				33,61
103	0,46			0,46		34,07
104		0,45	18		0,45	34,52
105	0,48		19	0,48		35,00
106		2,61	20		2,61	37,61
107	0,21					37,82
108		0,07				37,89

1	2	3	4	5	6	7
109	0,37			0,37		38,26
110		0,42			0,42	38,68
111	0,09					38,77
112		0,06				38,83
113	0,09					38,92
114		0,11				39,03
115	0,08					39,11
116		0,31			0,31	39,42
117	0,05					39,47
118		0,30			0,30	39,77
119	0,23					40,00
120		0,03				40,03
121	0,22					40,25
122		0,46			0,46	40,71
123	0,26					40,97
124		0,18				41,15
125	0,31		21	0,31		41,46
126		0,06				41,52
127	0,44			0,44		41,96
128		0,32			0,32	42,28
129	0,98			0,98		43,26
130		0,08				43,34
131	0,22					43,56
132		0,08				43,64
133	0,37			0,37		44,01
134		0,20				44,21
135	0,48			0,48		44,69
136		0,08				44,77
137	0,47			0,47		45,24
138		0,08				45,32
139	0,47			0,47		45,79
140		0,97	22		0,97	46,76
141	0,50		23	0,50		47,26
142		0,65	24		0,65	47,91
143	1,67		25	1,65		49,56
144		3,13	26		3,13	52,71
145	1,45		27	1,45		54,16
146		1,76	28		1,76	55,92
147	0,74		29	0,74		56,66
148		1,38	30		1,32	58,04
149	0,90		31	0,90		58,94
150		0,49	32		0,49	59,43
151	0,26				0,32	59,69
152		0,32				60,01
153	0,52		33	0,52		60,53
154		2,22	34		2,22	62,75
155	0,53		35	0,53		63,78
156		0,86	36		0,86	64,14
157	0,48		37	0,48		64,82
158		2,03	38		2,03	66,65
159	0,45		39	0,45		67,10
160		0,67	40		0,67	67,77
161	1,04		41	1,04		68,81
162		0,03				68,84
163	0,30					69,14

чение  $T_{\min} \rightarrow 20$  млн лет (30) соответствует длительности первой снизу гетеростадии (70—49,6 млн лет) в океанической шкале. И дело здесь вовсе не в буквальном, а в принципиальном соответствии этих данных, ведь принятая за основу океаническая шкала — лишь наиболее разработанный вариант геомагнитных инверсий.

В то же время вызывает разочарование картина геомагнитных инверсий, восстановленная по результатам изучения континентальных образований. Только самые верхи континентальной шкалы, включая шкалу А. Кокса [Cox, 1969], согласуются и органически сочетаются с океанической шкалой и результатами расчетов. Сопоставимая со шкалой А. Кокса детальность и высокая степень обоснованности палеомагнитной шкалы для последних 4,5 млн лет недостижима пока для более древних геологических времен; перспективы положительного решения этого вопроса весьма проблематичны. В качестве выхода из затруднения предлагается использовать наиболее полные палеомагнитные разрезы осадочных толщ, сверенные по удаленным регионам и откорректированные путем исключения из рассмотрения некоррелируемых гипп и ортостадий. Совершенно очевидно, что в таком случае на первый план выдвигаются генеральные, определяющие черты геомагнитных изменений за счет исключения из геомагнитной последовательности кратковременных, не зафиксированных повсеместно геомагнитных событий.

В результате такой операции неизбежно объединение смежных ортостадий одной полярности, первоначально разделявшихся гиппостадиями и соизмеримыми с ними ортостадиями. Поскольку минимальное  $a_R = 7,3$ , соответствующее этому значению число инверсий будет характеризовать полные генерализованные палеомагнитные разрезы, не содержащие кратковременных изменений полярности (гиппостадии). Подобные разрезы наиболее удобны для межрегиональных сопоставлений, определения стратиграфического положения и возраста геологических объектов. Более того, в настоящее время обстоятельные стратиграфические палеомагнитные исследования фанерозойских толщ выполнены главным образом на платформах. Почти неизмененные и недислоцированные отложения в этих условиях удается проследивать на значительные расстояния (на многие сотни и даже тысячи километров). Материалы о палеомагнетизме этих пород — добротная основа при построении опорных палеомагнитных разрезов. С другой стороны, средние скорости платформенного и субплатформенного осадконакопления сравнительно невелики. Они могут достигать 30 и более метров за 1 млн лет, но, как правило, бывают значительно ниже, нередко составляя первые метры. Поэтому предложенный подход к построению генерализованных разрезов является не только вынужденной мерой, но и совершенно необходимой ступенью систематизации наших знаний об основных чертах и структуре геомагнитной полярности. Расчетное минимальное число инверсий для эпохи  ${}_6PM_7$  приведено в табл. 7 (графа 14). Надо

полагать, что это как раз то число ортостадий, которое будет наблюдаться в полном палеомагнитном разрезе после исключения из него гипостадий и близких к ним по длительности до 0,3 млн лет ортостадий. Последовательность (сверху вниз) длительностей всех инверсий океанической шкалы для последних 70 млн лет по материалам работы [Heirtzler et al., 1968] и после генерализации показана в табл. 9. Согласованность данных прямых наблюдений с расчетными для  $a_R = 7,3$  действительно достигается путем исключения из рассмотрения гипо- и ортостадий длительностью менее и около 0,3 млн лет и обеспечивает принятую степень генерализации.

### Монополярная стадия $Pm_6$

Предшествующая полистадии  ${}_6Pm_7$  монополярная стадия устойчивого поля прямой полярности  $Pm_6$  (рис. 18) охватывает отрезок времени от кампана до апта включительно (70—111 млн

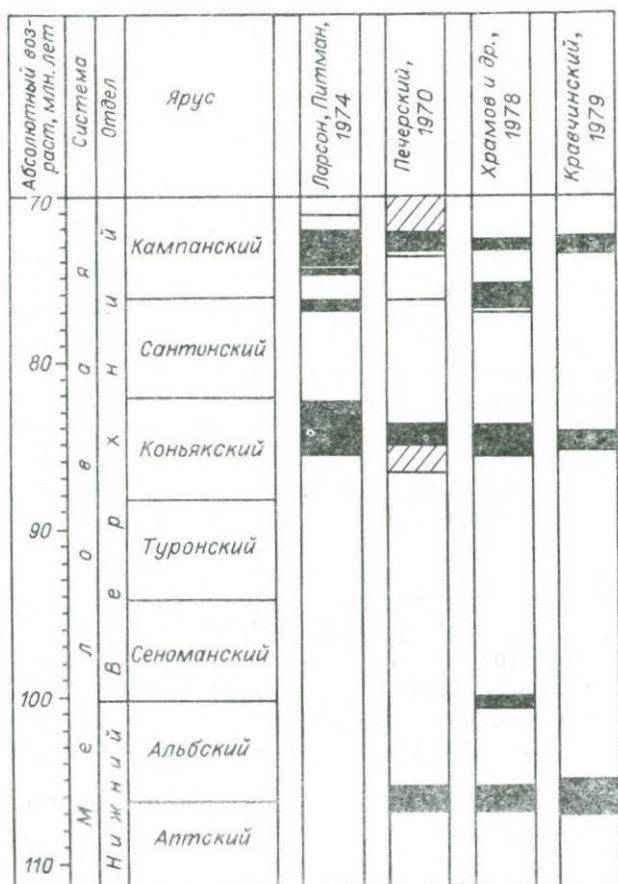


Рис. 18. Палеомагнитные шкалы моностадии  $Pm_6$ .

лет). Редкие относительно маломощные ортостадии обратной полярности намечены и выделены рядом исследователей в кампане, коньяке (?), альбе (?) и апте. На их долю приходится не более 15% общей длительности моностадии  $Pm_6$ .

Континентальная и океаническая шкалы обнаруживают хорошее сходство. В обоих случаях ортостадии обратной полярности тяготеют к концу и началу  $Pm_6$ . Совпадение нижней границы  $Pm_6$  в океанической и континентальной шкалах можно объяснить удачным расположением океанического репера «120 млн лет» вблизи этой границы [Larson, Pitman, 1972]. Сходство шкал, разумеется, предопределено режимом устойчивого поля. Устойчивость полярности снижает требования к детальности исследований и полноте опорного разреза.

Теоретическая схема моностадии  $Pm_6$  (см. табл. 7) предполагает прямую полярность, осложненную, согласно (3), отдельными одиночными ортостадиями обратной полярности (R-ортостадиями). Несколько примеров палеомагнитных шкал моностадии  $Pm_6$ , иллюстрирующих хорошее совпадение данных, полученных разными исследователями в течение последнего десятилетия, приведено на рис. 18.

#### Полистадия ${}_5Pm_6$ , моностадия $Pm_5$ , полистадия ${}_4PM_5$

Апт-альбские инверсии можно рассматривать как отголоски предшествующей полистадии  ${}_5PM_6$ . Серия достаточно противоречивых континентальных и океанических последовательностей инверсий геомагнитного поля в предсреднеаптское время приведена на рис. 19 и 20. Прежде всего неясно, где проводить нижнюю границу полистадии  ${}_5PM_6$ . Уже в первых работах по палеомагнетизму был выявлен знакопеременный характер раннемелового геомагнитного поля. Сводный палеомагнитный разрез представлялся как чередование достаточно мощных горизонтов прямой и обратной полярности. В разрезе, составленном Д. М. Печерским [1970] по осадочным породам Северо-Восточной Азии, для берриаса — начала баррема было показано три ортостадии обратной полярности, разделенные двумя ортостадиями прямой полярности. Указывается на возможное расщепление этих ортостадий на две три относительно маломощные (берриас). Сходную последовательность, только смещенную несколько вниз (примерно на пол-юруса) реконструируют М. У. Мак Элхини и П. Дж. Бурек [McElhinny, Burek, 1971]. Ряд авторов [Briden, 1967; Valencio, Vilas, 1970; и др.] описывает серии раннемеловых магматических образований с частым чередованием тел прямой и обратной полярности.

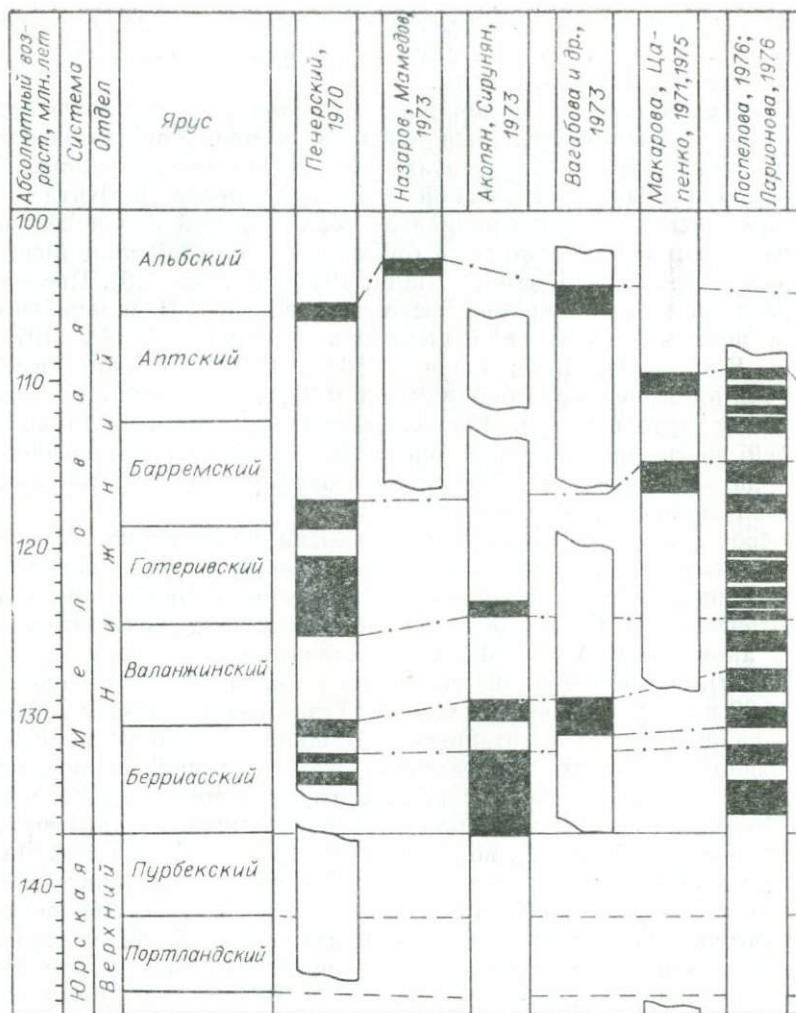
Три варианта палеомагнитных разрезов раннего мела (без альба — среднего апта): океанический и два континентальных, один из которых включает все известные орто- и гипогоризонты прямой и обратной полярности [Поспелова, 1976; Храмов и др., 1978], второй — генерализованный — только те из них, которые

могут быть намечены и прослежены достаточно широко, приведены на рис. 19 и 20. Во всех случаях ранний мел выступает как стадия знакопеременного поля.

Знакопеременная последовательность меловых океанических магнитных аномалий продолжается далее в юре. Хорошо известно, что в мезозойских последовательностях магнитных аномалий Феникс, Гавайской и Японской в Тихом океане и Китли — в Атлантическом в первых вариантах верхнеюрской океанической шкалы выделялось только пять ортостадий обратной полярности [Larson, Chass, 1972; Larson, Pitman, 1972] (см. рис. 20). Последние располагались в верхней части верхней юры. В дальнейшем шкала дополнялась и видоизменялась [Baldwin et al., 1974; Hayes, Rabinowitz, 1975; Larson, Hilde, 1975]. Сегодня число инверсий в поздней юре приближается к 35, из них около 20 сопоставимы с ортостадиями. Располагаются они исключительно в верхней части верхнеюрской океанической шкалы до среднего оксфорда включительно. Для раннего оксфорда и келловей указывается только прямая полярность.

В свое время для возрастной привязки мезозойских океанических магнитных аномалий были использованы данные о возрасте пород фундамента по двум скважинам, удачно пробуренным в Атлантическом и Тихом океанах: одна скважина располагалась между аномалиями М-7 и М-8 в последовательности Феникс (Тихий океан), другая — в зоне спокойного поля к западу от аномалии М-22 последовательности Китли (Атлантический океан). Первая скважина достигла готеривских осадков раннего мела, перекрывающих базальты. По палеонтологическим данным возраст осадочных пород на границе с фундаментом оценивается в 120 млн лет. Вторая скважина пересекла оксфордские слои поздней юры, подстилаемые базальтами, возраст которых  $155 \pm 5$  млн лет. Датирование океанических линейных магнитных аномалий было сделано в предположении о постоянстве скорости раздвижения океанического дна в раннем мелу — поздней юре. В действительности перемещение регионов в геологическом прошлом происходило неравномерно [Кравчинский, 1967, 1979; и др.]. Если допустить лишь трехкратное увеличение средней скорости перемещения литосферных блоков во время существования знакопеременного поля по сравнению с временем существования поля устойчивой полярности, возраст аномалии М-22 может уменьшиться (со 148 до 129 млн лет), и наоборот, при уменьшении средней скорости возраст соответственно увеличивается. По этой причине в данном случае океаническую шкалу нежелательно использовать для определения нижней границы полистадии  ${}_5PM_6$ .

Региональные палеомагнитные разрезы и сводный разрез юры, в который занесены все орто- и гипогоризонты [Поспелова, 1976; Храмов и др., 1978], приведены на рис. 21. Такая интерпретация палеомагнитных данных предполагает, что геомагнитное поле в юре (от мела вглубь до домера (позднего плинсбаха) было знакопеременным.



С другой стороны, в подавляющем большинстве известных нам частных разрезов осадочных пород преобладают прямо намагниченные отложения. Среди изверженных пород по палеомагнитным направлениям можно выделить два принципиально различных типа разрезов. Первый объединяет серии магматических пород, в которых доминирует прямая полярность и горизонты обратно намагниченных пород относительно маломощны и редки [Creer, 1962; Gough, Opdyke, 1963; Briden, 1967; Dalgryple et al., 1975]. Второй тип включает серии разрезов знакопеременной полярности и охватывает интервалы времени от 135 до 142 и от 150 до 195 млн лет (по существу, юрский период в целом) [Valencio, 1972; Gidskehaug et al., 1975; Linares, Valencio, 1975].

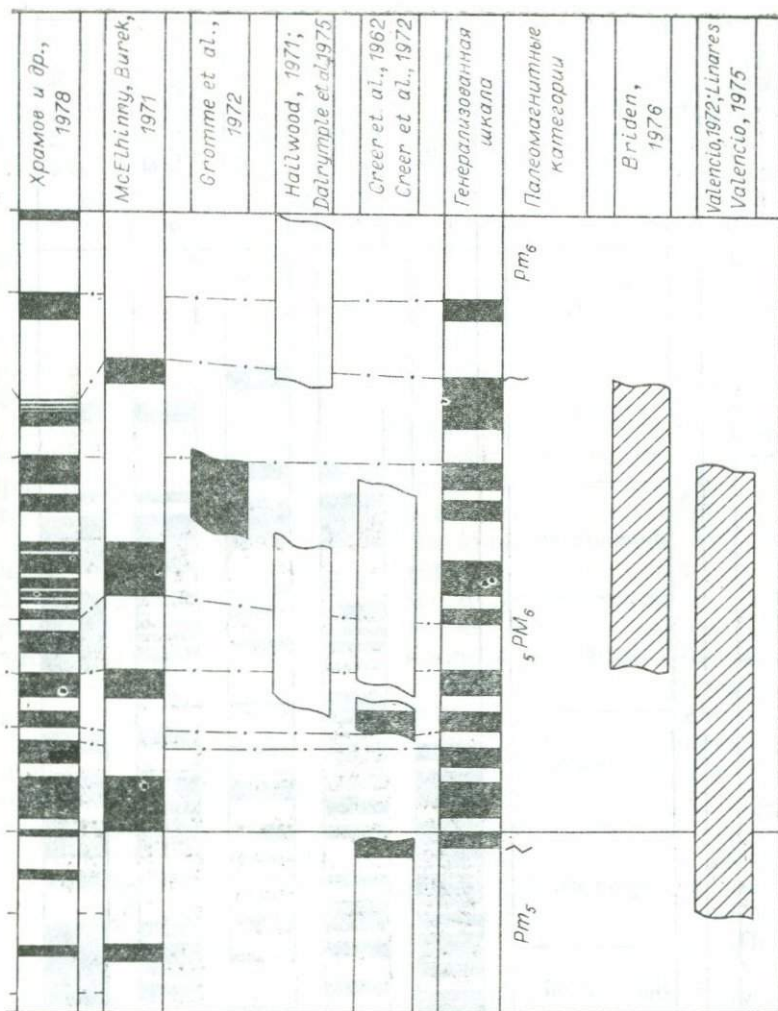


Рис. 19. Палеомагнитные континентальные шкалы полистадии  $5PM_0$ .

Если отдать предпочтение разрезам осадочных образований и согласующейся с ними первой, незакономерной последовательности изверженных пород, можно предполагать, что позднерюжское время характеризовалось преимущественным преобладанием чюля прямой полярности. Ортополярные образования обратно намагниченных пород разные исследователи выделяют на различных стратиграфических уровнях, и общее их число достигает восьми. Повсеместно, однако, прослеживается только R-ортогоризонт на рубеже оксфордского и кимериджского ярусов. В большинстве известных нам схем R-ортогоризонт показан в подошве верхнеюрских образований, в трех случаях [Хромов

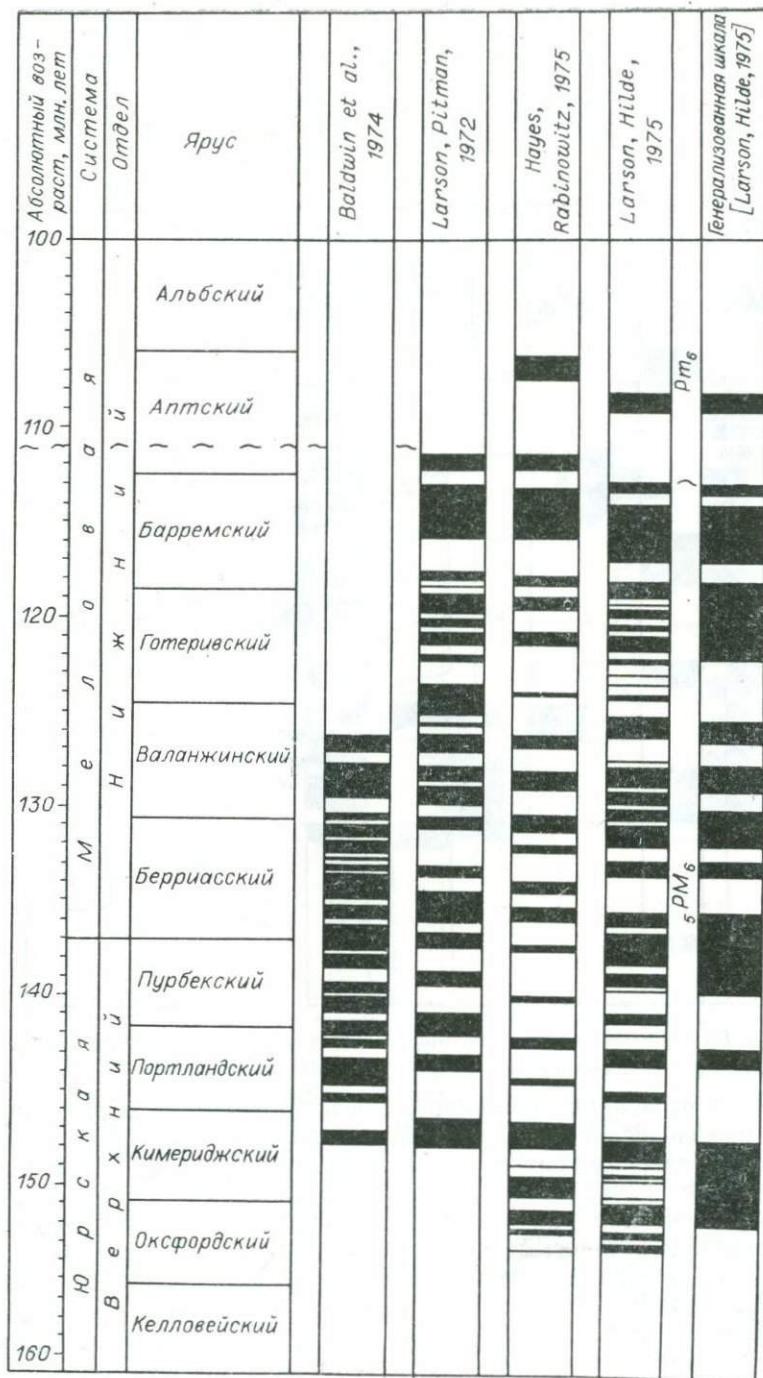


Рис. 20. Океанические палеомагнитные шкалы полистадии  $5PM_6$ .

и др., 1978; Аюпян, Сирунян, 1973; Сгеер, 1962] он отмечен в кровле мальма. Соответствующие названным горизонтам R-ортостадии внесены в генерализованную палеомагнитную шкалу.

В региональных среднеюрских разрезах в общей сложности насчитывается до семи R-ортогоризонтов, среди которых наибольшего доверия заслуживает ортогоризонт на рубеже байоса и бата (в ряде схем он расщеплен на два ортогоризонта), а также в низах байосского и в средней части ааленского ярусов (в некоторых схемах в ааленском ярусе показано два ортополярных горизонта).

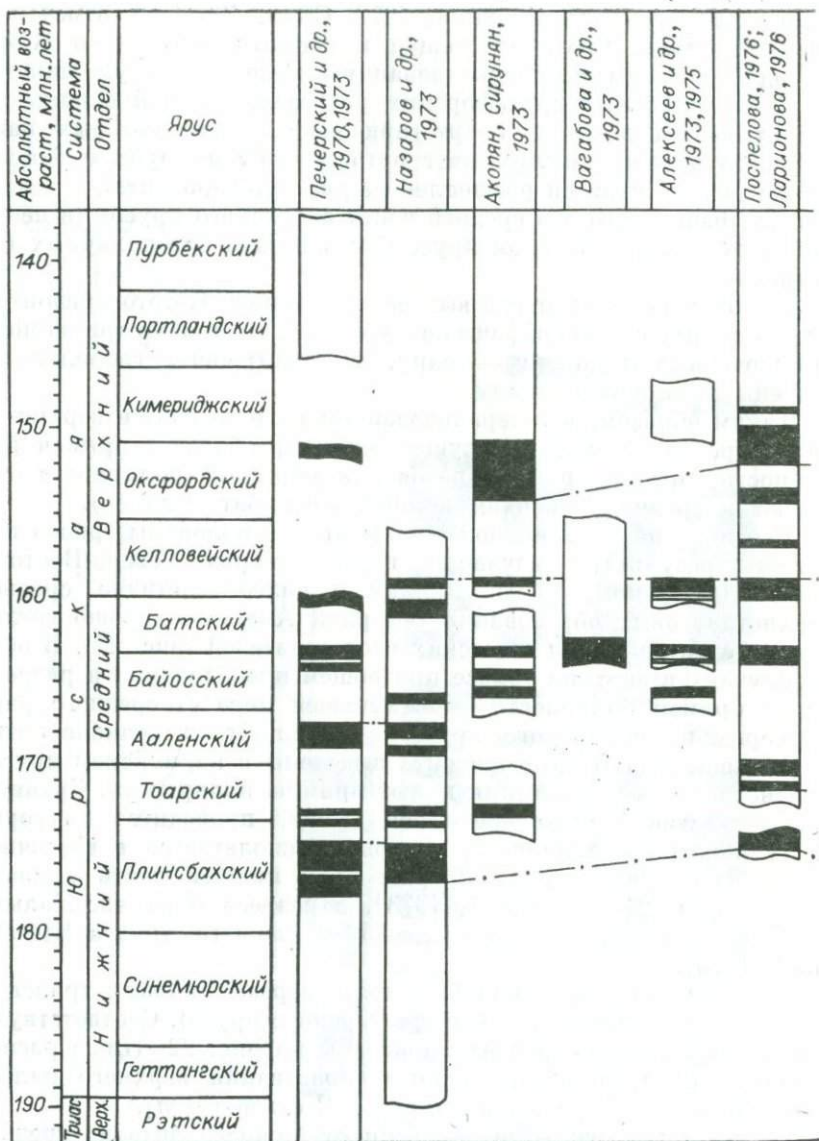
В нижнеюрском отделе выделено до девяти R-ортогоризонтов на различных стратиграфических уровнях. Но только три из них, приуроченные к домеру — тоару, распространены глобально и внесены в опорную шкалу.

Таким образом, в генерализованном разрезе юры в верхне- и нижнеюрских отложениях существенно преобладает прямая полярность, ортополярные образования обратной полярности тяготеют к средней — верхам нижней юры (бат — домер).

В основу палеомагнитной шкалы второй половины триаса положены результаты изучения горных пород Северо-Востока СССР [Печерский, 1970]. Данные о палеомагнетизме средне-верхнетриасовых образований Северной Америки хорошо согласуются с материалами советских исследователей (рис. 22). В обоих случаях в верхнем триасе при общем преобладании в разрезе пород прямой полярности — по меньшей мере от среднего рэта до середины норийского яруса — располагается знакопеременная толща. Два R-ортогоризонта выделены в карнийском ярусе. Среднетриасовые отложения имеют прямую полярность. Граница с подстилающей знакопеременной толщей проводится по горизонту обратной полярности, который располагается в восточно-европейском палеомагнитном разрезе в нижней части анизийского яруса [Молостовский, 1973], в разрезе Верхояно-Колымской области на рубеже среднего и нижнего триаса [Печерский, 1970].

Знакопеременная толща включает разрезы нижнего триаса и верхов перми (вторую половину татарского яруса). Соответствующие палеомагнитные разрезы показаны на рис. 22. Ниже располагаются обратно намагниченные образования верхнего палеозоя, объединяемые в монополярную R-стадию  $Pm_4$ .

В целом геомагнитные инверсии от нижнего апта до средне-татарского времени (111—248 млн лет) образуют достаточно сложную последовательность. Ее верхняя граница (около 110 млн лет) отделяет монополярную N-стадию  $Pm_8$  от знакопеременной последовательности, нижняя (около 250 млн лет) — знакопеременную последовательность от позднепалеозойской R-монастадии. Структура последовательности трактуется неоднозначно. Согласно данным табл. 1, эта неоднозначность предопределяется крайне возбужденным состоянием геомагнитного поля в начале мезозоя, что сопряжено со сменой геомагнитной и палеогеографической



полярностей. Выше было показано, что при  $0,67 < i \leq 1$  выделение монополярной стадии  $Pm_5$  может оказаться затруднительным и триада  ${}^5Pm_6 - Pm_5 - {}^4Pm_6$  может трансформироваться в сложно построенную знакопеременную полистадию аномальной длительности  $T_{a\max} \rightarrow 145 \frac{3}{2}$  млн лет. Продолжительность рассмотренной последовательности — 137 млн лет — соответствует теоретически предсказанной.

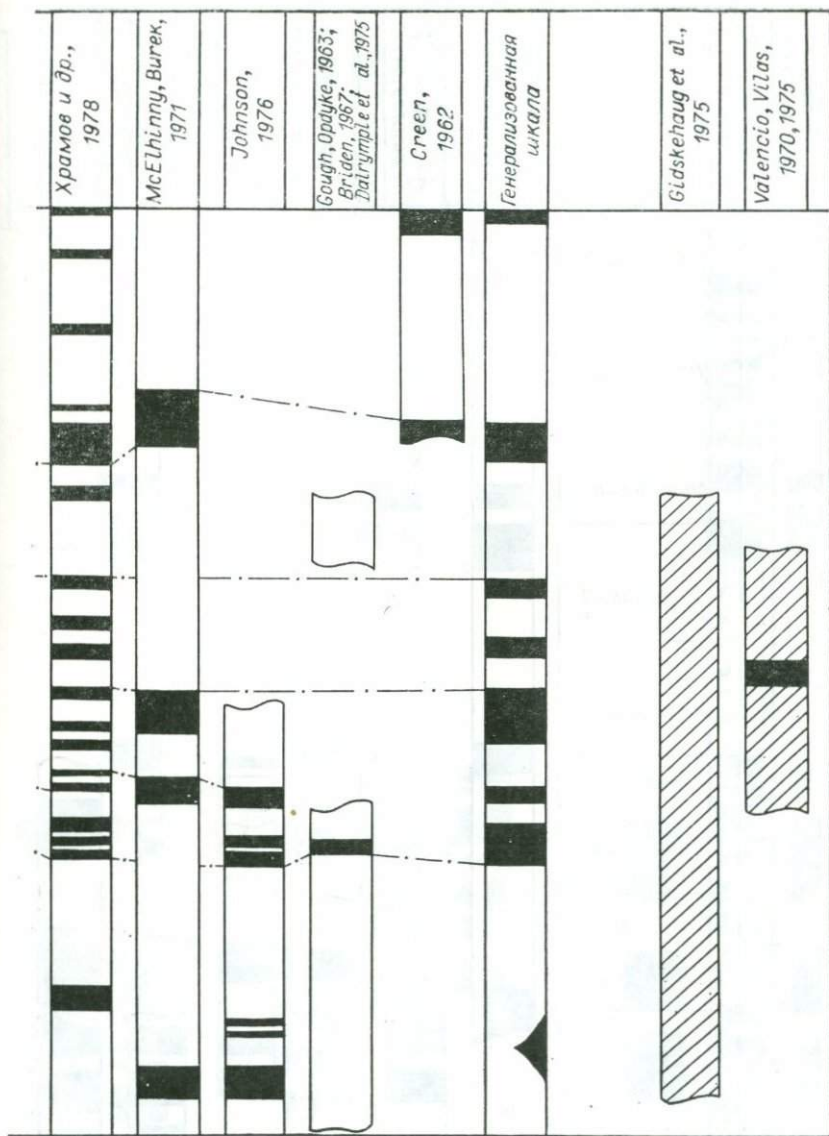
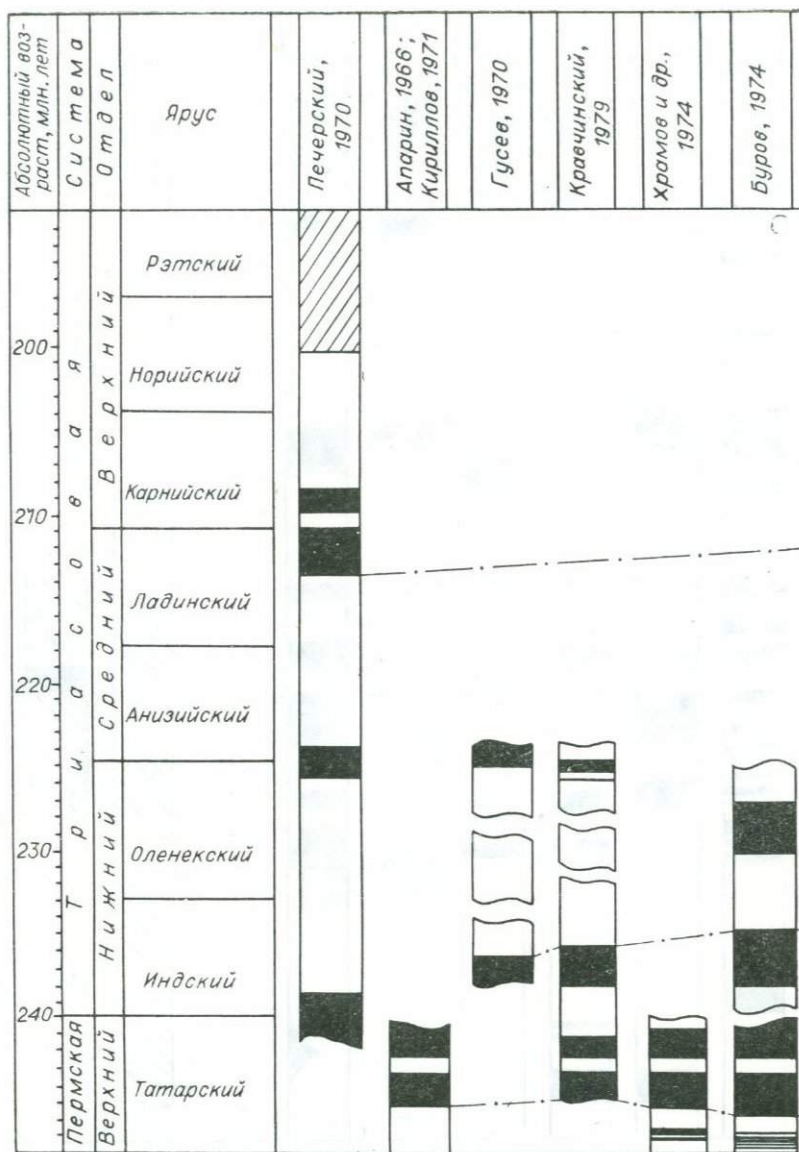


Рис. 21. Палеомагнитные континентальные шкалы моностадии  $Pm_5$ .

В рамках анализируемой последовательности ранний мел, точнее преаптское время (111—137 млн лет), однозначно определяется как стадия знакопеременного поля. Для поздней юры (137—160 млн лет) имеется несколько вариантов палеомагнитных шкал. В сводном разрезе для СССР, по Г. А. Поспеловой [1976], верхи верхней юры (титон — верхний кимеридж) харак-



теризуются господством прямой полярности, у А. Н. Храмова с коллегами [Храмов и др., 1978] прямо намагничены отложения низов верхней юры. Если согласиться с интерпретацией океанических линейных магнитных аномалий (см. рис. 20), знакопеременное поле, сходное по структуре с раннемеловым, существовало с середины оксфорда до мела, поле прямой полярности — в келловее — раннем оксфорде. Принимая во внимание возможность иного истолкования данных магнитных съемок, эти

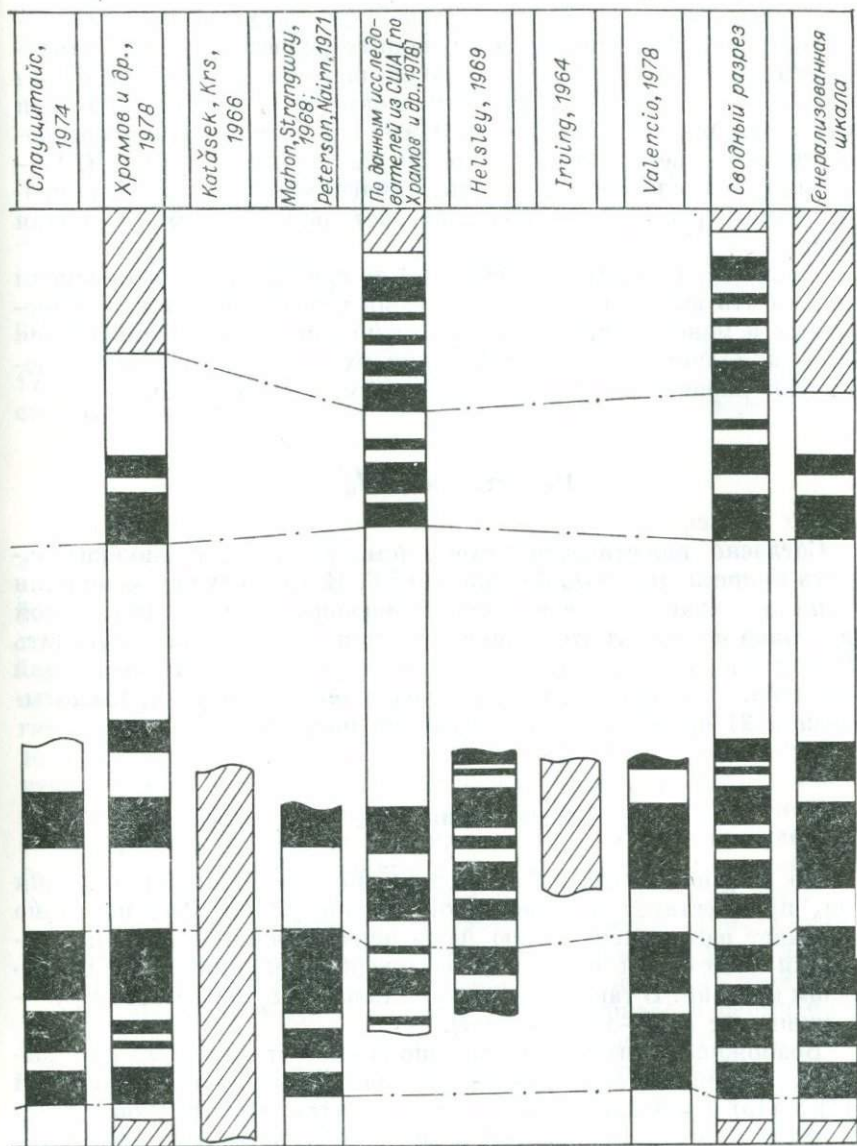


Рис. 22. Палеомагнитные шкалы полистадии  $4PM_5$ .

материалы не приходится считать опорными. Попытка межрегионального прослеживания верхнеюрских ортополярных образований приводит к построению схемы, позволяющей предполагать в поздней юре господство поля прямой полярности.

Для средней и верхов нижней юры (низы келловоя — средний домер, 160—175 млн лет) реконструируется знакоперемен-

ная полярность. От среднего домера до среднего рэта (175—192 млн лет) повсеместно в изученных разрезах породы намагничены прямо, от среднего рэта до среднего триаса (192—211 млн лет) — знакопеременно. Среднетриасовые осадки (211—225 млн лет) имеют прямую полярность. Низы анизийского яруса среднего триаса — верхи татарского яруса верхней перми (225—248 млн лет) сложены породами, намагниченными знакопеременно. Стратиграфически ниже залегает обратно намагниченная толща.

Таким образом, от нижнего апта до среднетатарского времени может быть выделено и намечено семь чередующихся знакопеременных и монополярных стадий, соизмеримых с неразвившимися моно- и полистадиями. Комбинируя их, можно предложить несколько вариантов их объединения (см. рис. 19—22).

### Полистадия ${}_5PM_6$

Согласно теоретической схеме (см. табл. 7), продолжительность полистадии  ${}_5PM_6$  близка к  $0,5T$ . В этом случае ее нижняя граница может быть совмещена с подошвой мела. При такой трактовке палеомагнитная шкала стадии  ${}_5PM_6$  должна включать 20 поддающихся межрегиональной корреляции N- и R-ортостадий (см. табл. 7, графа 14). Схема раннемеловых инверсий, насчитывающая 21 ортостадию, приведена на рис. 19.

### Моностадия $Pm_5$

По (23) и данным табл. 7 удлиненная монополярная стадия  $Pm_5$  предшествует полиполярной стадии  ${}_5PM_6$ ;  $Pm_5$  по схеме включает одну гетеростадию (неразвившуюся полистадию). Последняя может быть соотнесена со среднеюрско-домерским интервалом времени. В таком понимании стадия  $Pm_5$  охватывает юру — поздний рэт (137—192 млн лет).

Возможность выделения монополярной стадии  $Pm_5$  при высоких значениях  $i \rightarrow 1$  указывает на реализацию соотношений (14) и (15) и соответствующего им варианта геомагнитной полярности. В таком случае по (15) вероятное значение  $n_{\max}$  может достигать семи ортостадий за характерное время  $T$  для генерализованного разреза и 14 — для полного, включая одну сложно построенную гетеростадию. Расчетное число инверсий для геологических условий рассматриваемого времени отражено в табл. 7 (графы 14—16).

На рис. 21, который составлен с использованием всех известных нам материалов о палеомагнетизме рэт-юрских пород, в генерализованном разрезе насчитывается пять — семь ортостадий, включая одну гетеростадию (160—175 млн лет). Наиболее насы-

щенный инверсиями сводный разрез [Храмов и др., 1978] включает 14 ортостадий и среднеюрско-домерскую гетеростадию.

Число инверсий в осложняющую гетеростадию по (7) равно 48, а расчетная генерализованная палеомагнитная шкала (для  $a_k = 7,3$ ) включает 13 ортостадий.

Как видно из описания, среднеюрско-домерская гетеростадия делит удлиненную моностадию  $Pm_5$  (сверху вниз) на:

неразвившуюся N-моностадию (поздняя юра, 137—160 млн лет), сформировавшуюся при возбужденном состоянии геомагнитного поля и осложненную инверсиями;

среднеюрско-домерскую гетеростадию (начало келловеев — средний домер, 160—175 млн лет);

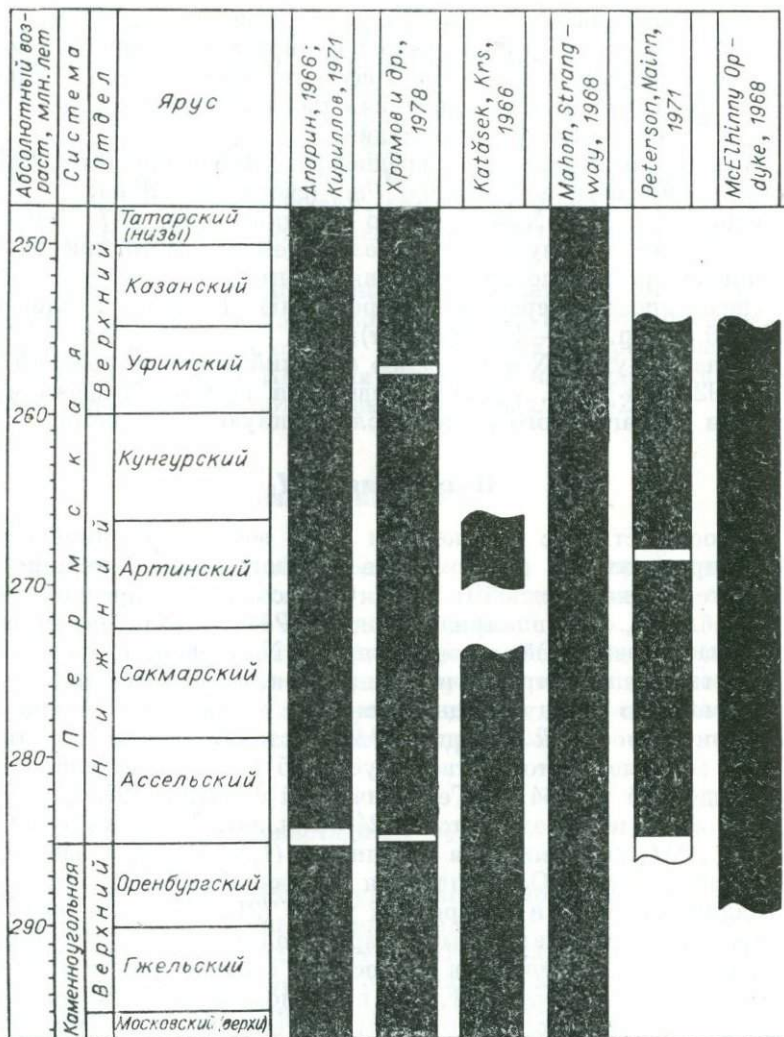
неразвившуюся N-моностадию (средний домер — поздний рэт, 175—192 млн лет), сформировавшуюся при возбужденном состоянии геомагнитного поля и осложненную инверсиями.

### Полистадия $4PM_5$

В соответствии с изложенным выше верхняя граница стадии  $4PM_5$  проводится в рэтском веке позднего триаса, нижняя — в татарском веке поздней перми. Согласно теоретической схеме (см. табл. 7), полиполярная стадия  $4PM_5$  — удлиненная и осложнена неразвившейся монополярной N-стадией. Если принять в качестве границы триаса и перми рубеж в 230 млн лет, как это предусмотрено международной шкалой абсолютной геохронологии, длительность полистадии  $4PM_5$  составит 46 млн лет (от 192 до 238 млн лет), что соответствует  $0,95 T$ . По советской шкале, утвержденной в 1964 г. [Геологический словарь, 1978], граница триаса и перми определяется в 240 млн лет. Тогда длительность стадии  $4PM_5$  оценивается в 56 млн лет ( $1,15 T$ ), что отвечает теоретической схеме. Осложняющая неразвившаяся монополярная N-стадия приходится на средний триас (211—225 млн лет).

Сводный палеомагнитный разрез полистадии  $4PM_5$  показан на рис. 22. Положенные в его основу сводные разрезы для отдельных районов освещают, как правило, лишь часть этой полистадии. Наиболее полные разрезы раннего триаса и перми получены Буровым для Среднего Поволжья [Палеомагнетизм..., 1974].

На рис. 22 даны два варианта палеомагнитной шкалы — генерализованный и учитывающий все известные орто- и гипостадии. В генерализованной шкале для СССР насчитывается 15 ортостадий, включая неразвившуюся N-моностадию в среднем триасе и две «парастадии», охватывающие значительную часть рэтского — норийского веков позднего триаса и среднюю часть татарского века перми. По данным американских исследователей, позднетриасовая «парастадия» включает не менее 14 орто- и гипостадий и не менее четырех — среднетатарская, по данным советских исследователей. Расчетное число ортостадий для генерализованного разреза — 33 — согласуется с материалами наблюдений. Характеристики полного разреза даны в табл. 7 (графа 15). При рас-



четах учитывалось, что стадия  ${}^4PM_5$  знаменует собой переход от преобладающей обратной полярности в предшествующую монополярную стадию  $Pm_4$  к преобладающей прямой полярности в стадиях  $Pm_5$  и  $Pm_6$ . Этот переход сопровождался увеличением инверсивности от 0,47 до 1 с последующим понижением до 0,82 (см. рис. 10, табл. 7). Неразвившаяся N-моностадия выделена при  $0,8 < i \leq 1$  и разделяет полистадию  ${}^4PM_5$  на две гетеростадии (сверху вниз): позднюю ( $i = 0,91$ ) и раннюю ( $i = 0,58$ ).

Поздняя гетеростадия охватывает поздний триас (исключая конец рэта (192—211 млн лет)). Высокая инверсивность затрудняет ее расчленение на орто- и гипостадии, что нашло отражение в разрезах, представленных на рис. 22.

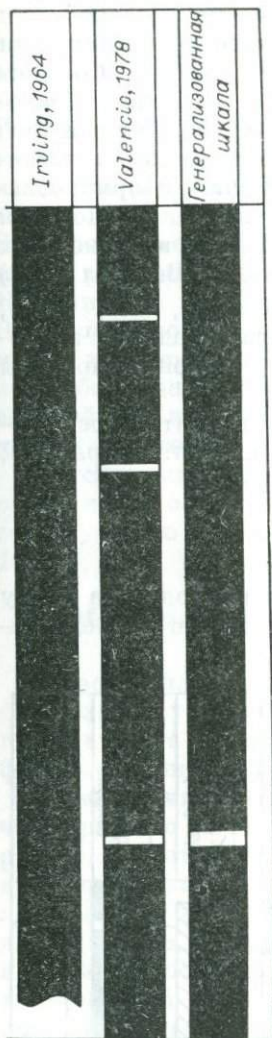


Рис. 23. Палеомагнитные континентальные шкалы моностадии  $Pm_4$ .

Неразвившаяся N-моностадия (средний триас, 211—225 млн лет) в генерализованном разрезе не содержит осложняющих ортостадий, что допускается теорией (менее двух ортостадий). Полный разрез, согласно расчетам, включает три ортостадии.

Ранняя гетеростадия приходится на начало анизийского — конец татарского (225—248 млн лет) века.

Выделенные естественные подразделения легко, без натяжек укладываются в теоретическую схему удлиненной полистадии. По истечении времени  $0,4 T \div T$  полистадия осложняется неразвившейся моностадией длительностью менее  $0,4 T$  (см. табл. 7, графа 13). Хорошая выраженность последней указывает на реализацию соотношения (15).

#### Моностадия $Pm_4$

Эта моностадия характеризуется господством геомагнитного поля обратной полярности, установившегося с середины московского века среднего карбона и существовавшего до середины татарского века поздней перми (248—297 млн лет).

Тонкая структура магнитного поля стадии  $Pm_4$  показана на рис. 23. В наиболее обстоятельно изученных разрезах Восточной Европы и Северной Америки выделяются два N-ортогоризонта (соответственно в середине уфимского яруса и в низах ассельского, в середине яруса Леонард и в основании яруса Вулфкэмп). Инверсии начала ассельского и вулфкэмпского времени (граница перми и карбона) можно рассматривать как синхронные, но остальные не имеют достоверных аналогов соответственно в восточно-европейских и северо-американских разрезах [Храмов, 1968; Палеомагнетизм..., 1974; Peterson, Nairn, 1971]. Ортогоризонт прямой полярности на рубеже перми и карбона выделен В. П. Апариным [1966] в разрезе Кузбасса. По последним данным для Южной Америки Д. Валенсио (1978 г., устное сообщение) палеомагнитный разрез Среднего и низов Верхнего Паганзо включает три ортополярных горизонта прямой полярности, два из ко-

торых с натяжками можно попытаться соотнести с уфимским и леонардским, третий уверенно параллелизуется с ортополярными образованиями, залегающими в основании перми. Соответствующая им ортостадия является, очевидно, наиболее обоснованной и может быть внесена в генерализованную палеомагнитную шкалу. Ни одна из названных N-ортостадий не была выявлена при менее детальном опробовании отложений, сформировавшихся в стадию  $Pm_4$  в Африке (свита Экка), Австралии (Морская серия и верхи Верхнего Каттунга), Чехословакии и в смежных районах Польши и ГДР (низы Саксония, Стефан, Вестфал С, В) [McElhinny, Opdike, 1968; Irving, 1964; Katasek, Krs, 1966], хотя всегда остается вероятность пропуска гипостадий и непродолжительных ортостадий из-за стратиграфической неполноты изученных обнажений.

Обратная полярность  $Pm_4$  и равная  $T$  продолжительность хорошо согласуются с теоретической схемой (см. табл. 7, графы 4; 5; 9; 13).

### Полистадия ${}_3Pm_4$

Полистадия  ${}_3Pm_4$  знакопеременного поля приходит на смену R-моностадии  $Pm_4$  и охватывает среднемосковское — средненаюрское время (297—323 млн лет).

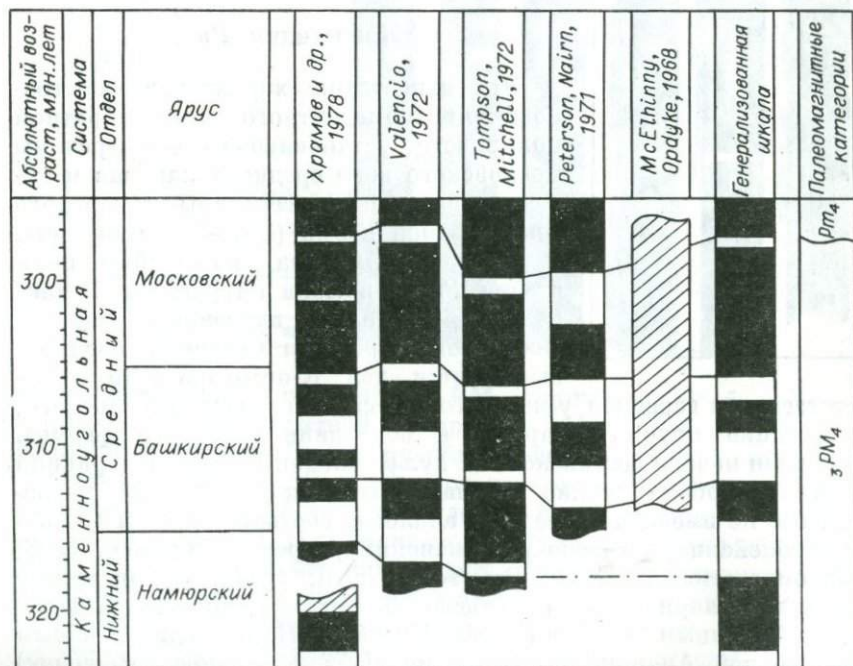


Рис. 24. Палеомагнитные шкалы подстадии  ${}_3Pm_4$ .

В сводном разрезе Восточно-Европейской платформы отложения этой полистадии подразделяются на 15 ортополярных горизонтов [Храмов и др., 1978], в Южной Америке (нижняя часть серии Паганзо) — на девять ([Tompson, Mitchell, 1972], а также Д. Валенсио, 1978 г., устное сообщение). В Северной Америке соответствующие образования изучены, вероятно, не на полную мощность (низы свиты Минтерн в Скалистых горах) и включают только семь ортополярных горизонтов [Peterson, Nairn, 1971]. Судя по приводимым схемам (рис. 24), имеет место разное понимание разрезов, нашедшее выход в неодинаковой рисовке шкал. Большинство разрезов выполнено на уровне генерализованных. Это и понятно, поскольку океанические шкалы, привлекавшие внимание исследователей к гипостадиям, стали предметом оживленного обсуждения лишь в 80-е годы. Последний вариант восточно-европейской шкалы (см. рис. 24), по-видимому, на сегодняшний день наиболее детальный.

Фактическая продолжительность стадии  ${}_3PM_4$ , равно как и общее число ортополярных стадий в генерализованном разрезе, согласуются с предсказанными теоретически (см. табл. 7, графы 9; 10; 13; 14).

### Моностадия $Pm_3$ , полистадия ${}_2PM_3$ , моностадия $Pm_2$

Поводом для совместного рассмотрения названных стадий послужила приуроченность их ко времени критического состояния геомагнитного поля с вытекающими отсюда возможностями деформации длительностей стадий.

**Моностадия  $Pm_3$ .** Данная моностадия охватывает большую часть раннего карбона (низы намюра, визе, турне), девон и, вероятно, значительную часть силура. Соответствующие отложения карбона намагничены обратно (N-ортополярный горизонт выявлен только в визейском ярусе). Обратная полярность господствовала в девоне, хотя структура девонской части  $Pm_3$  не вполне ясна, что связано не только и даже не столько с недостаточной палеомагнитной изученностью девонских пород, сколько с возможностью их позднепалеозойского перемагничивания [Creer, 1968; Палеомагнетизм..., 1974].

По данным советских исследователей, верхнедевонские отложения Русской плиты, Тимана, Урала и Южно-Минусинской котловины намагничены обратно. Выявленные в разрезе редкие маломощные N-гипо- и N-ортополярные образования, за исключением среднефранских, не поддаются межрегиональной корреляции и в генерализованную шкалу не внесены (рис. 25).

Среднедевонские отложения Тимана и Урала (в изученном объеме) намагничены обратно. В сводном разрезе Южно-Минусинской котловины в живетском ярусе намечены N-гипо- и N-ортополярные горизонты, не имеющие пока аналогов в сводных разрезах других регионов. В эйфельском ярусе северо-запада Сибирской платформы Г. И. Гончаров выделил два ортогоризон-



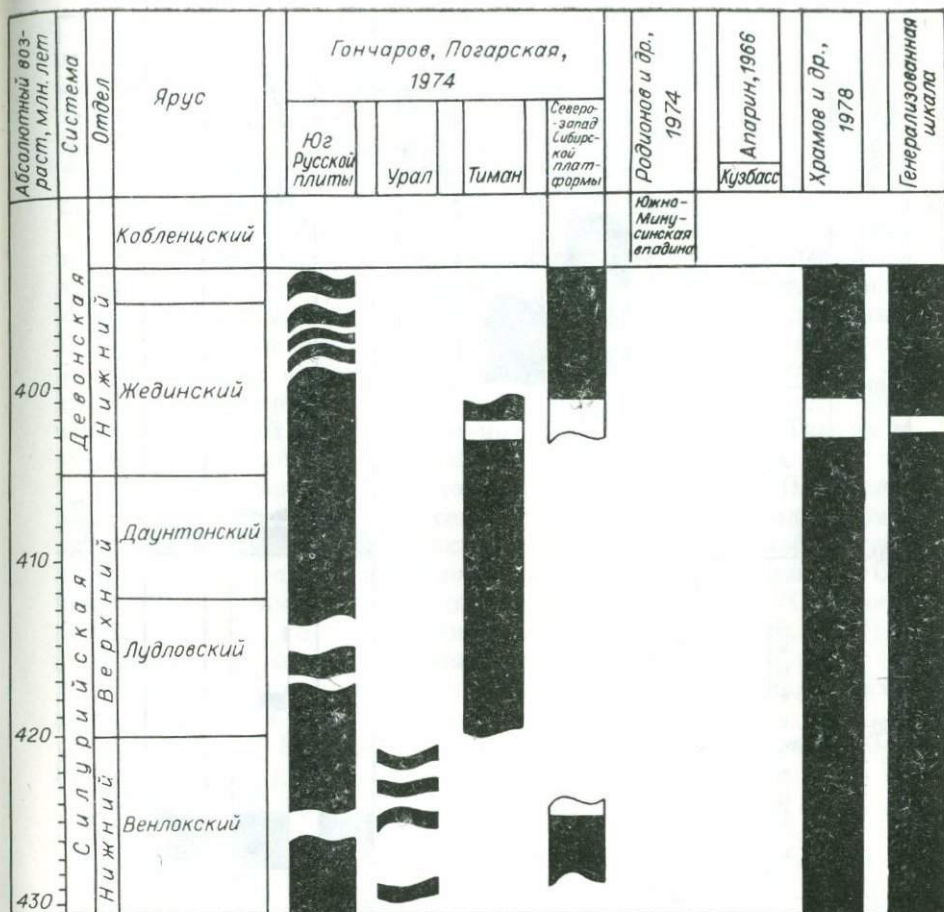


Рис. 25. Палеомагнитные шкалы моностадии  $P_{т3}$ .

та прямой полярности. В Южно-Минусинской котловине, по данным В. П. Родионова с коллегами [Палеомагнетизм..., 1974], отложения эффельского яруса (в объеме толчковской свиты) имеют прямую полярность (см. рис. 25).

В раннем девоне господствовало поле обратной полярности. Осадки кобленцкого яруса на северо-западе Сибирской платформы намагничены обратно. Обратную полярность имеют жединские слои Приднестровья. В жединском ярусе N-ортополярный горизонт выделен на Тимане. Эффузивно-осадочные образования чиланской и имекской свит Южно-Минусинской впадины подстилают заведомо среднедевонские толщи, и на этом основании их возраст условно определяется как раннедевонский. Чиланская свита намагничена знакопеременно [Палеомагнетизм..., 1974].



Если попытаться внести в палеомагнитную шкалу все горизонты прямой полярности, средняя часть девона от франского до верхов кобленцкого яруса может быть описана как осложненная в различных частях N-гипо- и N-ортополярными образованиями. Составители палеомагнитных разрезов допускают вторичное происхождение прямой намагниченности пород, по крайней мере частично [Палеомагнетизм..., 1974]. Число горизонтов резко сократится, если учитывать только коррелируемые. Имеются в виду ортогоризонт, прослеженный в средней части франского яруса в разрезах Русской плиты, Тимана и Южно-Минусинской котловины; мощный эйфельский N-ортогоризонт (?), выделенный в среднем девоне Южно-Минусинской котловины (на северо-западе Сибирской платформы он, по-видимому, расщепляется на два, трансформируясь в гетерополярный горизонт); N-ортогоризонт, намеченный в жединском ярусе нижнего девона Тимана и северо-запада Сибирской платформы.

Осадки лудловского и венлокского ярусов силура в Приднестровье, на Тимане, Урале и северо-западе Сибирской платформы намагничены обратно. Маломощный ортогоризонт прямой полярности выделен только в венлокском ярусе на р. Кулюмбе. Он включен в сводный палеомагнитный разрез в работе [Палеомагнетизм..., 1974], но не показан в работе [Храмов и др., 1978] и в предлагаемом на рис. 25 генерализованном разрезе.

Как видно из описания, моностадия  $Pm_3$  расчленяется сверху вниз по меньшей мере на:

удлиненную R-ортостадию (визе — поздний эйфель, 323—375 (?) млн лет);

гетеростадию (? N-ортостадию) (ранний эйфель, 375—385 млн лет);

удлиненную R-ортостадию (кобленц — венлок, 385—430 млн лет).

Полистадия  ${}_2PM_3$  и моностадия  $Pm_2$ . Стратиграфический объем предшествующих стадий  ${}_2PM_3$  и  $Pm_2$  определяется не вполне однозначно. Отложения ландоверийского яруса намагничены прямо на Сибирской платформе, но обратно в Приднестровье и на Урале. Очевидно, вопрос о полярности этих слоев нельзя считать решенным (рис. 26).

Верхнеордовикские осадки в наиболее обстоятельно изученных разрезах раннего палеозоя — разрезах Сибирской платформы — характеризуются безусловным преобладанием прямо намагниченных пород. Маломощный ортогоризонт обратной полярности выделен В. П. Родионовым лишь в осадках верхов верхнего ордовика (ангильский ярус). В изученных нами разрезах по р. Лене выявлены два ортогоризонта [Кравчинский, Давыдов, 1973]. По меньшей мере один ортогоризонт обратной полярности имеется в низах долборского яруса (верхний карадок Русской плиты).

Рис. 26. Палеомагнитные шкалы стадий  ${}_2PM_3$  и  $Pm_2$ .

Среднеордовикские толщи Сибирской платформы в объеме нижнемангазейского подъяруса и криволучского яруса (нижний карадок, лландейло и лланвирн Русской плиты) и верхи нижнего ордовика (верхи чуньского  $\approx$  ареннигского яруса) разделяются на мощные ортогоризонты прямой и обратной полярности. В настоящее время насчитывается три R- и три N-ортогоризонта и намечен ряд гипогоризонтов.

В раннем ордовике (без позднечуньского  $\approx$  позднеареннигского времени) и в конце позднего кембрия господствовало поле обратной полярности. В разрезах на р. Лене у руч. Мандра и против устья рч. Чечуй, где усть-кутский (тремадокский) ярус нижнего ордовика вскрывается на полную мощность, среди обратно намагниченных пород встречены прямо намагниченные гипогоризонты [Кравчинский, Давыдов, 1973]. В изученных обнажениях усть-кутская свита повсеместно сложена светлыми, практически немагнитными карбонатными образованиями, что предопределило неполноту палеомагнитного разреза. В разрезах нижнего ордовика и верхов верхнего кембрия, составленных В. П. Родионовым для районов среднего течения р. Лены [Храмов, Шолпо, 1967; Палеомагнетизм..., 1974], показана только обратная полярность естественной остаточной намагниченности пород. Ниже залегает знакопеременная толща.

Принимая за основу данные по Сибири, можно предложить несколько вариантов магнитостратиграфического расчленения описанного разреза, например такой:

верхняя, лландовери-среднекарадокская толща прямой полярности;

нижняя, сформировавшаяся в конце кембрия — начале карадока и намагниченная преимущественно обратно.

Второй вариант предполагает следующее расчленение:

верхняя, лландовери-среднеареннигская толща, намагниченная преимущественно прямо;

нижняя толща обратной полярности, включающая большую часть нижнеордовикских и верхи позднекембрийских образований.

Возможно, наконец, трехчленное деление:

верхняя, лландовери-среднекарадокская толща прямой полярности;

средняя нижекарадок-среднеареннигская знакопеременная толща;

нижняя, включающая низы ареннига — верхи кембрия и намагниченная обратно.

По теоретической схеме (см. табл. 7, графа 6) первая половина моностадии  $Pm_3$ , полистадия  ${}_2PM_3$  и моностадия  $Pm_2$  характеризуются минимальной инверсивностью. Затрудненность геомагнитных инверсий сопровождается сокращением их общего числа и растягиванием отдельных ортостадий. Вследствие сокращения числа инверсий монополярные стадии могут аномально

удлиняться за счет слияния со смежными растянутыми ортостадиями соответствующей полярности. С другой стороны, растягивание ортостадий, входящих в состав моно- и полистадий, может привести к видоизменению последних до последовательности неразвившихся моностадий (удлиненных ортостадий). Возможный размах подобных деформаций описывается выражениями (24)—(26). Имеется удобная возможность сравнить теоретические выкладки с реальной структурой геомагнитных инверсий.

Начнем с того, что суммарная продолжительность палеомагнитных стадий  $Pm_3$ ,  ${}_2Pm_3$  и  $Pm_2$  по схеме равна  $4T$ . Верхняя граница  $Pm_3$  проходит в намюре (323 млн лет), нижняя граница  $Pm_2$  — в конце позднего кембрия (505 млн лет), что составляет  $3,74T$  и достаточно близко к теоретически предсказанному.

Моностадия  $Pm_3$  по схеме является удлиненной и в средней части осложнена гетерополярной (либо неразвившейся монополярной) стадией, что соответствует материалам наблюдений.

Аномальная длительность  $Pm_3$   $T_a \rightarrow 2T \rightarrow 100$  млн лет согласуется с (24) и предполагает увеличение продолжительности R-моностадии за счет слияния со смежной удлиненной R-ортостадией длительностью  $t \rightarrow T_{\min}$ . Соответственно полярная граница между стадиями  $Pm_3$  и  ${}_2Pm_3$  опустится на  $t \rightarrow T_{\min}$  (см. рис. 25).

Одновременно следует допускать возможность увеличения длительности предшествующих ортостадий, принадлежащих полистадии  ${}_2Pm_3$ .

Судя по материалам, представленным на рис. 26, в стадии  ${}_2Pm_3$  действительно имеет место увеличение длительности составляющих ее ортостадий. В позднем арениге — раннем карадоке наблюдается количественное соответствие наблюдаемой и теоретической картины инверсий (по шести ортостадиям). Для конца ордовика — силура вместо ожидаемых десяти инверсий (включая неразвившуюся моностадию) в сокращенных сибирских разрезах намечено три. Уже после написания настоящей монографии я ознакомился с данными работы [Данукалов, 1983], который в разрезах Тянь-Шаня и Урала выделяет не менее десяти орто- и гипостадий.

Раннекарадок-позднеаренигские длительные N- и R-ортополярные стадии (неразвившиеся моностадии) с равным успехом могут быть отнесены и к  ${}_2Pm_3$ , и к  $Pm_2$ . В первом случае граница между  ${}_2Pm_3$  и  $Pm_2$  пройдет в середине аренига, что указывает на сокращение длительности  $Pm_2$ , во втором — карадока, причем N-ортостадии надо интерпретировать как осложнения R-моностадии  $Pm_2$  (в табл. 7 приведены оба варианта, на рис. 26 — второй).

Очевидно, что трансформации, определяемые критическим состоянием геомагнитного поля, проявили себя в полном объеме при формировании структуры триады  $Pm_3 - {}_2Pm_3 - Pm_2$ .

## Полистадия $1PM_2$

Эта полистадия охватывает вторую половину кембрия. Наиболее обстоятельно она изучена на территории Восточной Сибири. Первые палеомагнитные разрезы верхнего кембрия были опубликованы в 1963 г. [Родионов, Сидорова, 1963] и включали два ортогоризонта: обратной и прямой полярности. По мере расширения объема и детальности исследования менялись и наши представления о строении верхнекембрийской толщи. В настоящее время это одно из наиболее изученных звеньев фанерозойской палеомагнитной шкалы. Сегодня в разрезе верхоленской свиты верхнего кембрия насчитывается не менее 11-ти орто- и гипогоризонтов прямой и обратной полярности. В майском ярусе среднего кембрия, по данным Э. П. Осиповой, выделено не менее 16 разнополярных орто- и гипогоризонтов (рис. 27).

Особенности распределения геомагнитных инверсий по стратиграфической вертикали позволяют расчленить полиполярный горизонт  $1PM_2$  на три гетерополярных горизонта:

верхний, знакопеременный равномерного чередования разнополярных орто- и гипогоризонтов; соотносится со средней частью верхоленской свиты верхнего кембрия (505—515 млн лет) и содержит не менее девяти разнополярных орто- и гипогоризонтов;

средний, знакопеременный, преимущественно обратной полярности; соотносится с низами верхнего кембрия — среднемайским подъярусом (515—531 млн лет) и содержит не менее 11 орто- и гипогоризонтов;

нижний, знакопеременный, преимущественно прямой полярности; сопоставляется с нижнемайским подъярусом майского яруса среднего кембрия (531—535 млн лет) и включает не менее семи орто- и гипогоризонтов.

Расчетное число геомагнитных инверсий (в генерализованном разрезе — 9, в полном — 35) соответствует наблюдениям.

## Моностадия $Pm_1$

Монополярная стадия  $Pm_1$  (535 — ? млн лет) характеризуется господством геомагнитного поля обратной полярности и охватывает по меньшей мере первую половину кембрия. Ее верхний стратиграфический рубеж близок к границе майского и амгинского веков. Нижняя граница может быть намечена предположительно в верхнем венде (около 610 млн лет) [Кравчинский, 1979]. Поле прямой полярности если и существовало, то, вероятно, лишь эпизодически. Далее вглубь времен следует полиполярная стадия.

Для построения теоретической схемы геомагнитного поля в докембрии необходимо иметь более или менее непротиворечивые данные о палеогеографическом положении материков и характере их перемещения. Можно надеяться, что в ближайшем будущем такие материалы появятся.

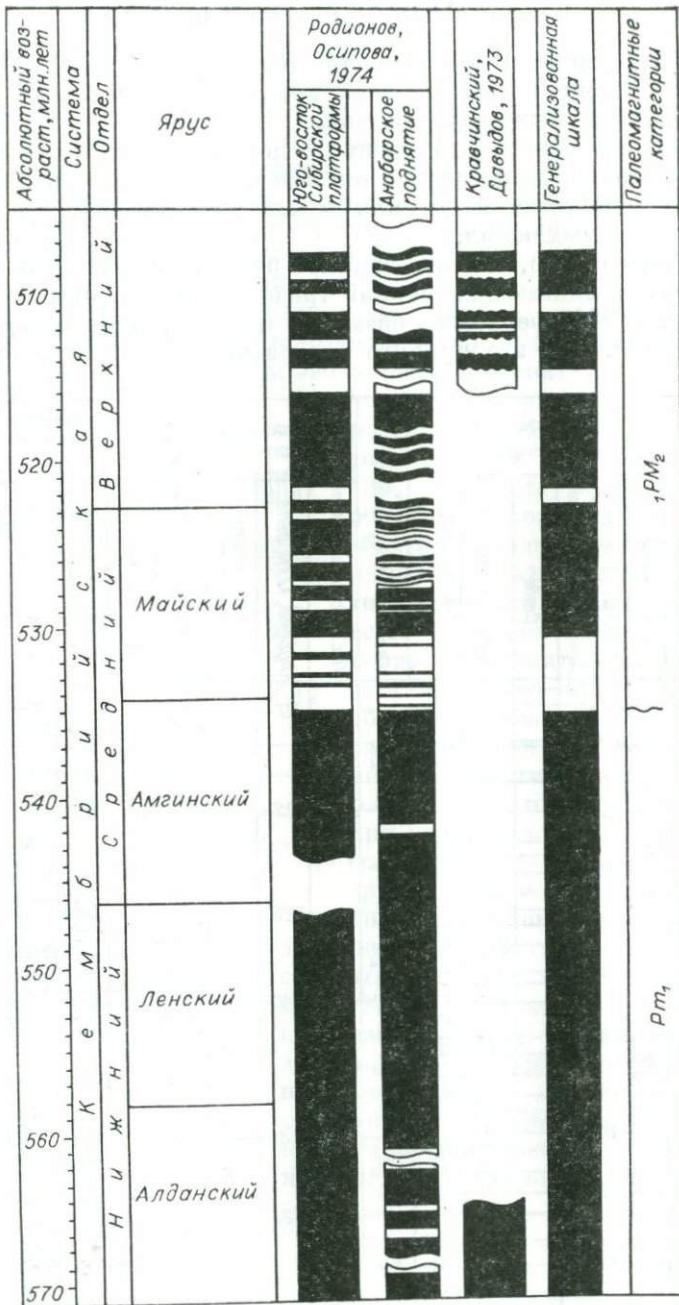


Рис. 27 Палеомагнитные шкалы стадий 1PM<sub>2</sub> и PM<sub>1</sub>.

## ВАРИАНТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ШКАЛ

Предложенная периодизация геомагнитных явлений базируется на теории геомагнитной полярности и находит хорошее экспериментальное подтверждение.

Опираясь только на сведения о порядке геомагнитных инверсий и комбинируя последние тем или иным образом, можно предложить множество более или менее различающихся вариантов палеомагнитных шкал.

Начнем с того, что совокупность разнополярных орто- и гипогоризонтов, слагающих нижний триас и верхи перми, Э. Ирвинг [Irving, 1964] предложил называть «Иллавара» по месту их установления, как это принято в стратиграфии, а нижележащую

Шкала абсолютной геохронологии, млн. лет	Биостратиграфические подразделения				Геонимический этап	Палеомагнитные этапы		Палеомагнитные моно- и полистадии		Удлиненные орто- и гетеростадии		
	Группа	Система	Отдел			Последовательность	Рубежи, млн. лет	Последовательность	Рубежи, млн. лет	Последовательность	Рубежи, млн. лет	Длительность, млн. лет
			Рубежи, млн. лет	Длительность, млн. лет								
100	KZ	N	26	26	PH <sub>6</sub>	PM <sub>6</sub>	30	6PM <sub>7</sub>	70	25	25	
			41	37								11
	MZ	K	67	60	PH <sub>5</sub>	PM <sub>5</sub>	125	PM <sub>6</sub>	41	50	41	
			70	100								37
	200	J	137	160	PH <sub>5</sub>	PM <sub>5</sub>	100	PM <sub>5</sub>	55	160	75	
			190	170								20
	300	P	50	210	PH <sub>4</sub>	PM <sub>4</sub>	225	4PM <sub>5</sub>	192	211	18	
			240	225								15
	400	PZ	D	45	260	PH <sub>3</sub>	PM <sub>3</sub>	135	PM <sub>5</sub>	107	225	33
				285	295							
S		65	315	PH <sub>2</sub>	PM <sub>2</sub>	445	2PM <sub>3</sub>	430	35	485	20	
		350	365									15
500	O	E	55	385	PH <sub>1</sub>	PM <sub>1</sub>	130	PM <sub>2</sub>	40	505	20	
			405	420								20
	V	60	460	PH <sub>1</sub>	PM <sub>1</sub>	520	1PM <sub>2</sub>	505	30	515	16	
		440	480									20
600	V	V	70	520	PH <sub>1</sub>	PM <sub>1</sub>	650?	0PM <sub>1</sub>	75	531	18	
			570	545								25
			680									

толщ обратнoй полярности — «Киам». В соответствии с палеомагнитной стратиграфической номенклатурой для фанеромага, одобренной на заседании рабочей группы по палеомагнитной стратиграфии Научного совета по геомагнетизму, соответствующие толщи были названы «гиперзонами Иллавара и Киам». Вышележащие мезокайнозойские образования А. Н. Храмов с коллегами расчленили на омонскую, гиссарскую, джалалскую и среднеазиатскую гиперзоны, подстилающие палеозойские — на донецкую, саянскую, байкальскую, сибирскую и аргинскую [Палеомагнитология, 1982].

Подобно всем стратиграфическим шкалам, палеомагнитно-стратиграфическая шкала, построенная по принципу опорных разрезов, хотя и обусловлена эволюцией геомагнитного поля, отнюдь не отражает этапов его развития и тем более не ориентирована на выяснение причин, способствующих формированию отложений прямой, обратной и знакопеременной полярности. Палеомагнитно-стратиграфическая шкала прежде всего отражает последовательность геомагнитных полярностей в тех или иных разрезах, обычно закрепляя за этими последовательностями наименования местности расположения разреза. Поэтому понятно, что при всех различиях истории создания палеомагнитно-стратиграфической и стратиграфической шкал, равно как и их назначение, во многом созвучны (о стратиграфических шкалах см. [Монин, 1977]). Предложенная в настоящей работе шкала палеомагнитных этапов (рис. 28) призвана раскрыть и последовательно описать геосторические этапы эволюции геомагнитного поля и в этом качестве может быть противопоставлена палео-



магнитно-стратиграфической шкалы, равно как и их назначение, во многом созвучны (о стратиграфических шкалах см. [Монин, 1977]). Предложенная в настоящей работе шкала палеомагнитных этапов (рис. 28) призвана раскрыть и последовательно описать геосторические этапы эволюции геомагнитного поля и в этом качестве может быть противопоставлена палео-

магнитно-стратиграфической шкалы, равно как и их назначение, во многом созвучны (о стратиграфических шкалах см. [Монин, 1977]). Предложенная в настоящей работе шкала палеомагнитных этапов (рис. 28) призвана раскрыть и последовательно описать геосторические этапы эволюции геомагнитного поля и в этом качестве может быть противопоставлена палео-

Рис. 28. Генерализованная палеомагнитная шкала фанеромага.

1—3 — полярность геомагнитного поля (1 — прямая, 2 — обратная, 3 — знакопеременная); 4—6 — состояние геомагнитного поля (4 — возбужденное, 5 — промежуточное, 6 — невозбужденное). А, Н, С — соответственно альпийский, герцинский и каледонский циклы.

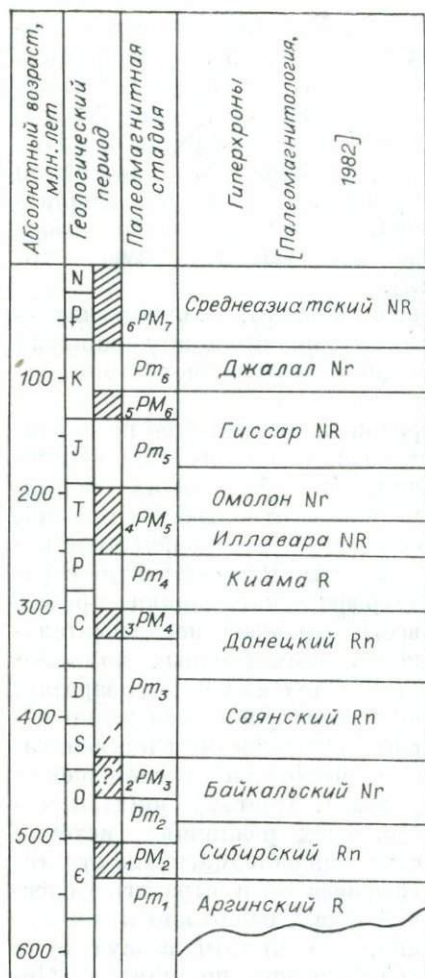


Рис. 29. Сопоставление шкал палеомагнитной стадийности и магнито-стратиграфической шкалы.

магнитно-стратиграфической шкалы в той же мере, в какой последовательность тектонических циклов противопоставляется последовательности геологических периодов.

Объем и временные, а отсюда и стратиграфические рубежи единиц палеомагнитно-стратиграфической шкалы не обосновываются, а принимаются волевым решением, исходя из соображений соизмеримости и опираясь на тот или иной контрастный признак так же, как это делалось в стратиграфии. Отсюда совершенно очевидно, что границы гиперзон и соответствующие им временные рубежи могут как совпадать, так и не совпадать с рубежами палеомагнитных моно- и полистадий и этапов. Например, гиперзона Джалал полностью параллелизуется с  $Pm_6$ , тогда как донецкая гиперзона в ее современном понимании включает полистадию  $3PM_4$  и часть R-моностадии  $Pm_3$  (рис. 29).

Гиперзона Киама характеризуется обратной полярностью, Иллавара — знакопеременной, донецкая — в верхней части знакопеременной, в нижней — обратной, сибирская, наоборот, обратной полярностью в верхней части, знакопеременной — в нижней. В известном смысле подобные комбинационные различия призваны и действительно отражают своеобразие магнито-стратиграфических подразделений. Но одновременно они затушевывают фундаментальные закономерности, определяющие наблюдаемую картину геомагнитных полярностей.

В настоящей работе выдвинут, рассмотрен и апробирован новый методологический принцип геоисторических исследований — принцип сопряженности. Он является теоретической основой и в то же время методом геоисторического анализа. Его не следует трактовать в качестве конкурирующего с принципом актуализма. Последний предполагает сопоставление идентичных процессов. Но именно на этом, казалось бы самом естественном, пути возникли непреодолимые препятствия: актуалистические реконструкции не носили характера ретроспективного прогноза, тем более прогноза количественного. В этом отношении геонимический подход сулит благоприятные перспективы и новые открытия. Однако по сути своей он не призван и не может заменить актуалистический метод. И каждый волен идти к истине той дорогой, которая его больше устраивает.

## ЛИТЕРАТУРА

- Акопян Ц. Г., Сирунян Т. А. Палеомагнитные исследования мезозойских горных пород Южной Армении // Материалы IX конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля, магнетизма горных пород и палеомагнетизма.— Баку: Красный Восток, 1973.— Ч. 3.— С. 3—7.
- Апарин В. П. Палеомагнитные зоны в разрезе среднего и верхнего палеозоя Саяно-Алтайской складчатой области: Автореф. канд. дис.— Свердловск, 1966.— 13 с.
- Белоусов В. В. Основы геотектоники.— М.: Недра, 1975.— 262 с.
- Ботт М. Внутреннее строение Земли.— М.: Мир, 1974.— 373 с.
- Брагинский С. И. Об основах теории гидромагнитного динамо Земли // Геомагнетизм и аэрономия.— 1967.— № 3.— С. 401—410.
- Брагинский С. И. Геомагнитное динамо // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли.— 1978.— № 9.— С. 74—90.
- Вагабова Р. И., Воробьева Г. П., Исмаил-Заде Т. А., Рагимова З. А. Палеомагнитная корреляция меловых отложений Азербайджана // Материалы IX конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля, магнетизма горных пород и палеомагнетизма.— Баку: Красный Восток, 1973.— Ч. 3.— С. 28—31.
- Вахромеев В. А. Развитие ботанико-географических областей в течение палеозоя и мезозоя на территории Евразии и их значение для стратиграфии // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1957.— № 11.— С. 82—102.
- Взаимодействие наук при изучении Земли.— М.: Недра, 1964.— 261 с.
- Геологический словарь: В 2 т.— М.: Недра, 1978.— Т. I.— 486 с.; Т. II.— 456 с.
- Давыдов В. Ф., Кравчинский А. Я., Иванов В. А. К вопросу о длительности трапзового магматизма на Сибирской платформе // Материалы IX конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля, магнетизма горных пород и палеомагнетизма.— Баку: Красный Восток.— 1973.— Ч. 3.— С. 68—69.
- Ирвинг Э. Перемещение полюсов в свете данных палеомагнетизма и палеоклиматологии // Палеомагнетизм.— М.: Иностран. лит., 1962.— С. 166—190.
- Келлер Б. М. Великие оледенения в истории Земли // Сов. геология.— 1972.— № 9.— С. 26—35.
- Кириллов В. М. Палеомагнитно-стратиграфическое исследование угленосной толщи Кузбасса: Автореф. канд. дис.— Иркутск, 1971.— 25 с.
- Кравчинский А. Я. Ориентационная намагниченность горных пород в палеомагнитных исследованиях.— В отчете В. Ф. Давыдова, А. Я. Кравчинского по работам 1966—1967 гг. Палеомагнитные исследования горных пород Восточной Сибири, ч. II. Фонд Восточного геофиз. треста, Всесоюз. геол. фонд.— Иркутск, 1967.— С. 129—408.
- Кравчинский А. Я. О сопряженности палеомагнитных и палеогеографических перестроек на Восточно-Европейской платформе // Геотектоника.— 1973а.— № 6.— С. 34—47.

- Кравчинский А. Я.** Палеомагнитные этапы развития докембрийских платформ // Состояние и перспективы геофизических работ в Восточной Сибири при изучении геологического строения и поисках твердых полезных ископаемых.— Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1973б.— С. 22—23.
- Кравчинский А. Я.** Палеомагнитные и палеогеографические перестройки на докембрийских платформах.— М.: Недра, 1977.— 102 с.
- Кравчинский А. Я., Давыдов В. Ф.** Данные по истории геомагнитного поля в раннем палеозое и венде // История магнитного поля Земли в палеозое.— Красноярск: Ин-т физики СО АН СССР, 1973.— С. 5—7.
- Кравчинский А. Я.** Палеомагнетизм и палеогеографическая эволюция континентов.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979.— 264 с.
- Кравчинский А. Я., Новокшенин Ю. А., Шамес П. П.** Палеомагнитная стратификация пермотриасовых отложений в районе Непского свода // Геология и геофизика.— 1978.— № 9.— С. 109—117.
- Ларionoва Г. Я.** Магнитостратиграфический разрез юрских и нижнемеловых отложений Среднего Приобья // Палеомагнетизм мезозоя и кайнозоя Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1976.— С. 5—26.
- Ларсон Ф. Л., Питман-III У. К.** Глобальная корреляция мезозойских магнитных аномалий и ее следствия // Региональная разведочная и промышленная геофизика.— М.: ВИЭМС, 1972.— Сер. IX, вып. 22.— С. 1—30.
- Магниторазведка.**— М.: Недра, 1980.— 367 с.
- Макаров С. Д., Цапенко М. Н.** О ритмостратиграфической и палеомагнитной корреляции меловых формаций Северной и Восточной Ферганы // Докл. АН УзССР.— 1971.— № 8.— С. 44—46.
- Маркова Н. Г., Клитин К. А.** Области поздней каледонской складчатости // Тектоника Евразии.— М.: Наука, 1966.— С. 80—111.
- Методы и результаты палеомагнитного изучения осадочных формаций кайнозоя Западной Сибири.**— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1973.— 95 с.
- Молостовский Э. А.** К вопросу об изменениях магнитного поля Земли в поздней перми и раннем триасе и их корреляция с геологическими явлениями // Материалы VIII конференции по постоянному геомагнитному полю и палеомагнетизму.— Киев: Наукова думка, 1970.— Т. 2.— С. 93—98.
- Молостовский Э. А.** Магнитосерия Иллавара и ее подразделения // История магнитного поля Земли в палеозое.— Красноярск: Ин-т физики СО АН СССР, 1973.— С. 12—15.
- Монин А. С.** История Земли.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1977.— 228 с.
- Муратов М. В., Пуцаровский Ю. М., Херасков Н. П., Яншин А. Л.** Временные и пространственные закономерности в развитии складчатых областей Евразии // Тектоника Евразии.— М.: Наука, 1966.— С. 421—452.
- Нагата Т.** Магнетизм горных пород.— М.: Мир, 1965.— 347 с.
- Назаров Х.** Палеомагнитные горизонты в юрских и меловых отложениях Туркмении // Материалы IX конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля, магнетизма горных пород и палеомагнетизма.— Баку: Красный Восток, 1973.— Ч. 3.— С. 116—118.
- Назаров Х., Мамедов М.** Некоторые палеомагнитные горизонты в меловых отложениях северо-запада Туркмении // Постоянное магнитное поле Земли, палеомагнетизм и магнетизм горных пород.— Киев: Наукова думка, 1973.— С. 73—75.
- Наливкин В. Д., Ронов А. Б., Хаин В. Е.** Общие закономерности развития Русской платформы и ее геосинклинального обрамления // История геологического развития Русской платформы и ее обрамления.— М.: Недра, 1964.— С. 194—216.
- Палеомагнетизм палеозоя/Храмов А. Н., Гончаров Г. И., Комиссарова Р. А. и др.**— М.: Недра, 1974.— 239 с.
- Палеомагнитная корреляция юрских отложений Нагарско-Карабахской автономной области // Материалы IX конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля, магнетизма горных пород и палеомагнетизма.**— Баку: Красный Восток, 1973.— Ч. 3.— С. 93—94.

- Палеомагнитология/Храмов А. Н., Гончаров Г. И., Комиссарова Р. А. и др.— М.: Недра, 1982.— 312 с.
- Пергамент М. А., Печерский Д. М., Храмов А. Н. О палеомагнитной шкале мезозоя // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1971.— № 10.— С. 3—11.
- Петрова Г. Н., Буха В. В., Гамов Л. Н. и др. Характерные черты переходных режимов геомагнитного поля // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли.— 1972.— № 6.— С. 53—75.
- Петрова Г. Н., Рыбак Р. С. Определение картины изменения знака поля по палеомагнитным данным // Материалы 5-й Всесоюзной конференции по палеомагнетизму.— Красноярск: изд. СО АН СССР, 1963.— С. 427—431.
- Петрова Г. Н., Храмов А. Н. Палеомагнетизм и внутреннее строение Земли // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли.— 1970.— № 4.
- Печерский Д. М. Палеомагнетизм и палеомагнитная корреляция мезозойских отложений Северо-Востока СССР // Палеомагнитная и биостратиграфическая характеристика некоторых опорных разрезов мезозоя и кайнозоя севера Дальнего Востока.— Магадан, 1970.— С. 58—99.
- Поспелова Г. А. Палеомагнитная шкала юрско-раннемелового времени // Палеомагнетизм мезозоя и кайнозоя Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1976.— С. 27—46.
- Родионов В. П., Сидорова Э. П. Палеомагнитное изучение разрезов верхнего кембрия, ордовика и силура юга Сибирской платформы // Палеомагнитные стратиграфические исследования.— Л.: Гостехиздат, 1963.— С. 50—68.
- Сорохтин О. Г. Глобальная эволюция Земли.— М.: Наука, 1974.— 184 с.
- Справочник по тектонической терминологии.— М.: Недра, 1970.— 582 с.
- Страхов Н. М. Основы теории литогенеза.— М.: Изд-во АН СССР, 1962.— 212 с.
- Тектоника Евразии.— М.: Наука, 1966.— 487 с.
- Храмов А. Н. Магнитное поле Земли в позднем палеозое (анализ мировых палеомагнитных данных) // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли.— 1967.— № 1.— С. 86—108.
- Храмов А. Н. Палеомагнитная корреляция осадочных толщ.— Л.: Гостехиздат, 1958.— 219 с.
- Храмов А. Н. Магнитное поле Земли в каменноугольный и пермский периоды: Автореф. докт. дис.— М., 1968.— 36 с.
- Храмов А. Н., Печерский Д. М., Молоствовский Э. А., Родионов В. П. Палеомагнитная шкала мезозоя и палеозоя СССР // Взаимодействие астеносферы и литосферы и его роль в тектонических процессах. (Тезисы докладов).— Л.: Междунар. совет научных союзов, 1978.— 22 с.
- Храмов А. Н., Родионов В. П., Комиссарова Р. А. Новые данные о палеозойской истории земного магнитного поля на территории СССР // Настоящее и прошлое магнитного поля Земли.— М.: Наука, 1965.— С. 206—213.
- Храмов А. Н., Шолно Л. Е. Палеомагнетизм.— Л.: Недра, 1967.— 252 с.
- Шейнмани Ю. М. Некоторые индуктивные закономерности, вытекающие из палеомагнитных измерений // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли.— 1975.— № 4.— С. 66—75.
- Яновский В. М. Земной магнетизм.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1963.— Ч. II.— 461 с.
- Baldwin B., Coney P. J., Dickinson W. R. Dilemma of a Cretaceous time scale and rates of sea-floor spreading // Geology.— 1974.— N 2.— P. 267—270.
- Birch F. Speculations on the Earth's thermal history // Bull. Geol. Soc. Am.— 1965.— V. 76.— P. 143—153.
- Briden J. G. A new palaeomagnetic result from the lower Cretaceous of East-Central Africa // Geophys. J. R. Astron. Soc.— 1967.— V. 12, N 4.— P. 375—380.
- Dalrymple G. B., Gromme C. S., White R. W. Potassium-argon age and palaeomagnetism of diabase dykes in Liberia: Initiation of Central Atlantic rifting // Geol. Soc. Amer. Bull.— 1975.— V. 86, N 3.— P. 399—411.
- Cox A. Geomagnetic reversals // Science.— 1969.— V. 163, N 3864.— P. 237—245.

- Creer K. M. Palaeomagnetism of the Sierra Goral Formation // *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.*— 1962.— V. 7.— P. 1.
- Creer K. M. Paleozoic palaeomagnetism // *Nature.*— 1968.— V. 219, N 5151.— P. 246—250.
- Creer K. M., Ispir Y. An interpretation of the behaviour of the geomagnetic field during polarity transition // *Phys. Earth Planet Interior.*— 1970.— N 2.— P. 75—83.
- Creer K. M., Mitchell J. G., Abou Dezb J. Palaeomagnetism and radiometric age of the Jurassic Chon Aike Formation from Santa Cruz Province, Argentina: implications for the opening of the South Atlantic // *Earth Planet. Sci. Lett.*— 1972.— V. 14, N 1.— P. 131—138.
- Gidskehaug A., Creer K. M., Mitchell J. G. Palaeomagnetism and K—Ar ages of the South-West African basalts and their bearing on the time of initial rifting of the South Atlantic Ocean // *Geophys. J. R. Astron. Soc.*— 1975.— V. 42.— P. 1—20.
- Gough D. I., Opdyke N. D. The palaeomagnetism of the Lupata Alkaline volcanics // *Geophys. J. R. Astron. Soc.*— 1963.— V 7, N 4.— P. 457—468.
- Gromme C. S., Merrill R. T., Verhoogen J. Paleomagnetism of Jurassic and Cretaceous plutonic rocks in the Sierra Nevada, California and its significance for polar wandering and continental drift // *J. Geophys. Res.*— 1972.— V. 72, N 22.— P. 5661—5684.
- Hailwood E. A., Mitchell J. G. Palaeomagnetic and radiometric dating from Jurassic intrusion in South Morocco // *Geophys. J. R. Astron. Soc.*— 1971.— V. 24.— P. 351—364.
- Hayes D. E., Rabinowitz P. D. Mesozoic magnetic lineations and the magnetic quiet zone off North-West Africa // *Earth Planet Sci. Lett.*— 1975.— V. 28, N 2.— P. 105—115.
- Heirtzler J. R., Dickson G. O., Herron E. M. et al. Marine magnetic anomalies, geomagnetic field reversals and motions of the ocean floor and continents // *J. Geophys. Res.*— 1968.— V. 73.— P. 2119—2136.
- Irving E. Palaeomagnetism of some Carboniferous rock from New South Wales and its relation to geological events // *J. Geophys. Res.*— 1966.— V. 71.— P. 6025—6051.
- Kaňásek J., Krs M. Palaeomagnetic investigations of the West Carpathians of Czechoslovakia // *Geofys. Sb.*— 1966.— N 13.— P. 483—511.
- Larson R. L., Chass C. G. Late Mesozoic evolution of the Western Pacific Ocean // *Geol. Soc. Amer. Bull.*— 1972.— V. 83, N 12.— P. 3627—3644.
- Larson R. L., Hilde T. W. C. A revised time scale of magnetic reversals for the Early Cretaceous and Late Jurassic // *J. Geophys. Res.*— 1975.— V. 80, N 17.— P. 2586—2596.
- Larson R. L., Pitman W. C. World-wide correlation of Mesozoic magnetic anomalies and its implications // *Bull. Geol. Soc. Am.*— 1972.— V. 83, N 12.— P. 3645—3662.
- Linares E., Valencio D. A. Paleomagnetism and K—Ar ages of some Trachy basaltic dyckes from Rio de Los Molinos, province of Cordova, Republic of Argentina // *J. Geophys. Res.*— 1975.— V. 8, N 23.— P. 3315—3321.
- Mahon B. E., Strangway D. W. Kiaman magnetic interval in the Western United States // *Science.*— 1967.— V. 155, N 3765.— P. 1012—1013.
- Mahon B. E., Strangway D. W. Investigation of Kiaman magnetic division in Colorado red beds // *Geophys. J.*— 1968.— V. 15, N 3.— P. 265—285.
- McElhinny M. W., Burek P. J. Mesozoic palaeomagnetic stratigraphy // *Nature.*— 1971.— V. 232, N 5306.— P. 98—102.
- McElhinny M. W., Opdyke N. D. The palaeomagnetism of some Carboniferous glacial varves from Central Africa // *J. Geophys. Res.*— 1968.— V. 73, N 20.— P. 689—696.

- Nagata T.** Length of geomagnetic polarity intervals // *J. Geomagn. and Geoelectr.*— 1969.— V. 21.— P. 3.
- Peterson D. N., Nairn A. E. M.** Palaeomagnetism of Permian red beds from the South-Western United States // *Geophys. J.*— 1971.— V. 23, N 2.— P. 191—205.
- Tozer D. C.** Thermal history of the Earth-I, the formation of the core // *Geophys. J. R. Astron. Soc.*— 1965.— V. 9.— P. 95—112.
- Thompson R., Mitchell J. G.** Palaeomagnetic and radiometric evidence for the age of the lower boundary of the Kiaman magnetic interval in South America // *Geophys. J.*— 1972.— V. 27, N 3.— P. 207—214.
- Runcorn S. K.** Towards a theory of continental drift. Convection current in the Earth // *Nature.*— 1955.— V. 193, N 4813.— P. 82—87.
- Urey H. G.** The planets, their origin and development.— Yala Univ. Press, 1952.— 245 p.
- Valencio D. A.** Palaeomagnetism of the Lower Cretaceous vulcanites Cerro Colorado formation of the Sierra de Los Condores group, province of Cordova, Argentina // *Earth Planet. Sci. Lett.*— 1972.— V. 16.— P. 370—378.
- Valencio D. A., Vilas J. F.** Palaeomagnetism of some middle jurassic lavas from South-East Argentina // *Nature.*— 1970.— V. 225, N 5229.— P. 262—264.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора . . . . .	3
От автора . . . . .	5
<b>Глава 1. Принцип сопряженности . . . . .</b>	<b>6</b>
Два принципа построения фундаментальных концепций . . . . .	—
Шкалы геонимической периодизации. . . . .	10
<b>Глава 2. Реализация принципа сопряженности на примере явления     геомагнитных инверсий . . . . .</b>	<b>27</b>
Теория геомагнитной полярности . . . . .	—
Эволюционная модель геомагнитной полярности в фанеромаге	33
Опорные палеомагнитные шкалы: методы и стратегия построения	37
Эволюция функции инверсивности и показателя активизации	39
Оценка числа инверсий в стадию активизации . . . . .	42
Теоретическая номенклатура и иерархия палеомагнитных еди- ниц . . . . .	43
Теоретическая схема геомагнитной полярности в фанеромаге	48
<b>Глава 3. Экспериментальная проверка геоисторического прогноза</b>	<b>51</b>
Опорные палеомагнитные шкалы . . . . .	—
Варианты палеомагнитных шкал . . . . .	84
Литература . . . . .	88

**Анатолий Яковлевич Кравчинский**

**ВВЕДЕНИЕ  
В ГЕОИСТОРИЧЕСКИЙ  
ПРОГНОЗ**

Утверждено к печати  
Институтом геологии и геофизики  
СО АН СССР

Редактор издательства **И. С. Цитович**  
Художественный редактор **М. Ф. Глазырина**  
Художник **Л. Л. Мордохович**  
Технический редактор **А. В. Сурганова**  
Корректоры **Т. В. Куркчиянц, Н. М. Горбачева**

---

ИБ № 34030

Сдано в набор 14.11.86. Подписано к печати 10.03.87. МН-02228, Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага типографская № 1. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 6. Усл. кр.-отт. 6,3. Уч.-изд. л. 6. Тираж 1000 экз. Заказ № 447. Цена 1 р. 10 к.

---

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.  
4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

**В СИБИРСКОМ ОТДЕЛЕНИИ  
ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»**

**готовятся к выпуску следующие книги:**

**Осадочные породы (классификация, характеристика, генезис)/Ю. П. Казанский, А. Ф. Белоусов, В. Г. Петров и др.— 20 л.**

В монографии рассмотрена формализованная многоцелевая классификация осадочных пород, построенная по структурно-минералогическому признаку. Выделены 14 классов по минералогическому составу. Классы подразделяются на семейства: био-, grano- и кластоморфные. В пределах семейств выделяются группы пород по конкретным минералогическо-структурным показателям. В группах различаются основные сложные, смешанные, промежуточные и переходные петротипы. Характеристика каждого класса сопровождается рассмотрением генезиса наиболее распространенных петрографических типов.

Для читателей, интересующихся строением, составом и происхождением осадочных пород.

**Лапин Б. Н. Атлас структур кембрийских вулканогенных пород Салаира.— 8 л.**

В монографии представлены тематический подбор зарисовок и краткое описание структур кембрийских вулканогенных пород и пород интрузивных массивов Салаирского края, что дает наглядное представление об особенностях структур пород андезито-базальтовой и дацитовой формаций начальных этапов развития каледонской геосинклинали в пределах Салаира.

Для геологов.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресам: 117192 Москва, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»; 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига», имеющий отдел «Книга — почтой».

- 480091 **Алма-Ата**, ул. Фурманова, 91/97 («Книга — почтой»);  
370005 **Баку**, ул. Коммунистическая, 51 («Книга — почтой»);  
232600 **Вильнюс**, ул. Университето, 4;  
690088 **Владивосток**, Океанский проспект, 140 («Книга — почтой»);  
320093 **Днепропетровск**, проспект Гагарина, 24 («Книга — почтой»);  
734001 **Душанбе**, проспект Ленина, 95 («Книга — почтой»);  
375002 **Ереван**, ул. Туманяна, 31;  
664033 **Иркутск**, ул. Лермонтова, 289 («Книга — почтой»);  
420043 **Казань**, ул. Достоевского, 53 («Книга — почтой»);  
252030 **Киев**, ул. Лещина, 42;  
252142 **Киев**, проспект Вернадского, 79;  
252030 **Киев**, ул. Пирогова, 2;  
252030 **Киев**, ул. Пирогова, 4 («Книга — почтой»);  
277012 **Кишинев**, проспект Ленина, 148 («Книга — почтой»);  
343900 **Краматорск**, Донецкой обл., ул. Марата, 1 («Книга — почтой»);  
660049 **Красноярск**, проспект Мира, 84;  
443002 **Куйбышев**, проспект Ленина, 2 («Книга — почтой»);  
191104 **Ленинград**, Литейный проспект, 57;  
199164 **Ленинград**, Таможенный пер., 2;  
196034 **Ленинград**, В/О, 9 линия, 16;  
220012 **Минск**, Ленинский проспект, 72 («Книга — почтой»);  
103009 **Москва**, ул. Горького, 19а;  
117312 **Москва**, ул. Вавилова, 55/7;  
630076 **Новосибирск**, Красный проспект, 51;  
630090 **Новосибирск**, Морской проспект, 22 («Книга — почтой»);  
142284 **Протвино**, Московской обл., ул. Победы, 8;  
142292 **Пушино**, Московской обл., МР, «В», 1;  
620161 **Свердловск**, ул. Мамина-Сибиряка, 137 («Книга — почтой»);  
700000 **Ташкент**, ул. Ю. Фучика, 1;  
700029 **Ташкент**, ул. Ленина, 73;  
700070 **Ташкент**, ул. Шота Руставели, 43;  
700185 **Ташкент**, ул. Дружбы народов, 6 («Книга — почтой»);  
634050 **Томск**, наб. реки Ушайки, 18;  
634050 **Томск**, Академический проспект, 5;  
450059 **Уфа**, ул. Р. Зорге, 10 («Книга — почтой»);  
450025 **Уфа**, ул. Коммунистическая, 49;  
720000 **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42 («Книга — почтой»);  
310078 **Харьков**, ул. Чернышевского, 87 («Книга — почтой»).

1 р. 10 к.

4936



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ