

<https://doi.org/10.15407/gpimo2019.04.003>

В.В. Гордиенко

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев

ЗЕМНАЯ КОРА ОКЕАНОВ И ПОЛОСОВЫЕ АНОМАЛИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Рассмотрены примеры выделения и интерпретации полосовых аномалий магнитного поля океанов.

Использованы данные по восточной окраине Тихого океана на протяжении большей части западного побережья Северной Америки и по хребту Книповича на переходе от Атлантического океана к Арктическому. Показано их несоответствие представлениям гипотезы тектоники плит о глубинных процессах в тектоносфере этих регионов. В обоих случаях отсутствуют все или многие признаки, указывающие на спрединг океанической коры. Обоснована невозможность определения возраста океанической коры по магнитным данным. Это относится как к усложненным моделям происхождения источников аномалий, так и к полученным результатам. Последовательность аномалий в северной части Тихого океана указывает на движение плит вдоль глубоководного желоба или от него. На Срединно-Атлантическом хребте и секущих разломах обнаружены древние породы, включая докембрийские. Предложена модель земной коры океанов согласно адвекционно-полиморфной гипотезе. Это — результат океанизации коры окраин континентов. От типичной континентальной она отличалась несколько сокращенной мощностью и повышенной основностью. При перестройке кора потеряла верхнюю часть, нижняя преобразована в коромантийную смесь. Скорость сейсмических волн в ней отвечает такому составу и температурам океанических плит.

Проанализированы данные о намагниченности пород различных слоев коры и ее изменениях с возрастом. Показана значительная роль средней и нижней частей океанической коры в создании аномалий магнитного поля разных частей океанов. Построены модели источников магнитного поля, отвечающие различным частям океанов. Они позволяют объяснить наблюдаемые аномалии.

Высказано предположение о природе магнитных аномалий на окраинах срединно-океанических хребтов.

Ключевые слова: магнитное поле океанов, глубинные процессы, источники аномалий.

© В.В. ГОРДИЕНКО, 2019

Введение

Истолкование полосовых аномалий (ПА) магнитного поля Земли служит основным элементом гипотезы тектоники плит (ГТП), против которой последовательно выступает автор. В частности, рассматривая происхождение полосовых аномалий и их связь со структурой океанической коры [14 и др.]. Как отмечалось в одной из первых публикаций о ПА [99], достоверность принятого представления о природе возмущений связана с реальностью использованной модели земной коры и ее теплового режима. За прошедшие десятилетия в этом смысле мало что изменилось. Модель твердой части коры мощностью до 5—6 км, формируемой спредингом, остается единственной. Мнения о степени прогрева литосферы на разных расстояниях от осей срединно-океанических хребтов (СОХ) весьма различны. Резко сокращена только намагниченность верхней части коры. Между тем, новая информация, которая может быть использована при оценке этих положений, накапливается довольно быстро. К критике ГТП на океанах добавляются новые аргументы по сравнению с приведенными в [13, 14 и др.]. Для полноты картины ниже будут упомянуты и некоторые замечания, сделанные ранее.

Необходимо хотя бы кратко остановиться на используемой методике выделения и геологической интерпретации ПА. Вопреки распространенному мнению о простоте и наглядности определения возраста океанической коры по полосовым аномалиям, этот процесс вызывает вопросы, на которые, по мнению автора, удовлетворительных ответов нет.

Полосовые аномалии и геологический возраст

Речь идет о возрасте базальтов на поверхности дна или под слоем молодых осадков; по мнению ряда авторов именно они и вызывают полосовые аномалии. Мощность слоя составляет порядка 300 м [18 и др.]. Мнение о синхронном с ними возникновении нижележащей части океанической коры сомнительно (см. ниже).

Первая магнитная модель коры океанов, объясняющая полосовые аномалии [86, 99], называвшаяся некоторое время моделью Морли-Вайна-Меттьюза, быстро вступила в противоречие с наблюдаемым полем. Она была дополнена представлением о внедрении даек не только непосредственно в рифтовом трого, но и об их синхронном нормальном распределении по склонам СОХ [85]. Затем модель развили М.Б. Лейбов и Е.Г. Мирлин [29] предположениями: а) внедрение даек происходит в дискретные моменты с заданным шагом по временной шкале; б) каждая дайка формирует покров, описываемый гауссовой квадратической экспонентой; в) положение центра спрединга в те же моменты определяется в виде зависимости нормально распределённых случайных чисел. Результаты моделирования стали зависеть не только от скорости спрединга, но и от числа даек, компактности их внедрения, объёма выносимого материала и дисперсии мгновенных скачков центра расширения дна. При определенных соотношениях параметров регулярная последовательность аномалий вообще не образуется [29]. Кроме того, было принято утверждение [57, 62] об интенсивной намагниченности верхней части коры и слабой — нижней. Считалось, что в осевых частях СОХ преобладает эффект верхнего слоя, со временем его намагниченность

сокращается при окислении пород, растёт вклад нижнего. Собственно, после таких дополнений в механизм образования ПА (а они перечисленными не ограничались) можно с полным основанием отбросить мнение об аномалиях как источнике сведений про возраст коры. Ведь в сложившейся ситуации решение обратной задачи невозможно. Но этого не случилось, при определении возраста перечисленные сложности просто игнорируются.

Затем было обнаружено, что в разрезе переслаиваются пласты с разным знаком намагничённости, появились модели с учетом длительности образования каждой порции базальта и ее соотношении с длительностью эпохи поля одного знака и шириной полосы внедрения [78]. Фактически история магматизма не изучалась, а подгонялась под нужный результат. Вводится трехэтажная модель, позволяющая объяснить различия, возникающие при интерпретации аномалий в данных поверхностной и придонной съемок [82].

В статье [98] по объяснению аномалий Срединно-Атлантического хребта (САХ) под зоной отрицательного возмущения 85 % изученных пород обладают прямой намагничённостью. В работе [77] установлена небольшая восприимчивость базальтов на склоне САХ, 67 % образцов имеет обратную намагничённость, сделан вывод о невозможности объяснить наблюдаемую положительную аномалию данными по слою молодых базальтов. Эти однозначно противоречащие полосовой модели явления объяснены в первом случае эффектами локальной скачкообразной миграции и ветвления оси спрединга, во втором высказано мнение о необходимости привлечения более глубоких источников. Но автор [77] с полной уверенностью определил «возраст коры» по самому факту существования аномалии и месту «соответствующего» периода нормального магнитного поля на принятой шкале. Постепенно сложилась ситуация, в которой собственно ПА не играют заметной роли, их интерпретация всегда построена так, чтобы подтвердить априорную конструкцию спрединга, в том числе и в случаях, когда по канонам ГТП он отсутствует.

В качестве примеров приведем широко известные факты. Изучение аномалий магнитного поля на плите Хуан де Фука [94 и др.], дополненное собственными измерениями, привело авторов [100] к выводу о спрединге к востоку от линии, названной хр. Хуан де Фука, со скоростью 1,5—2 см/год. Полосовые аномалии на плите — из самых четких в пределах мирового океана (рис. 1, а). Но через некоторое время их уже определяли как отвечающие скорости спрединга (дополненного перескоками его оси) в 4 см/год [73]. Результат не удивляет, т.к. авторы при подборе моделей в первом случае допускали намагничённость pillow-базальтов на уровне 10—20 А/м, во втором преобладали оценки около 5 А/м, через несколько лет общепринятыми становятся величины 2—3 А/м. Соответственно менялись мощности источников и их форма. Определение возраста базальтов по перекрывающим осадкам в данном случае долго было невозможным: мощность отложений слишком велика. Не говоря уже о сомнительности самого метода. Ведь на типичных СОХ осадки появляются в 50—100 км от оси, фиксируя «возраст» на порядок больше длительности одной полярности. По мнению Ю.М. Шейнманна [51] в большинстве случаев датировка проводится по осадкам с заметными следами термического воздействия базальтов. Поэтому остается только сравнение с «эталонными» аномалиями СОХ. Примерно через 10 лет из приведенных на рис. 1, а аномалий выделяется только № 3 [68 и др.]. Потом это

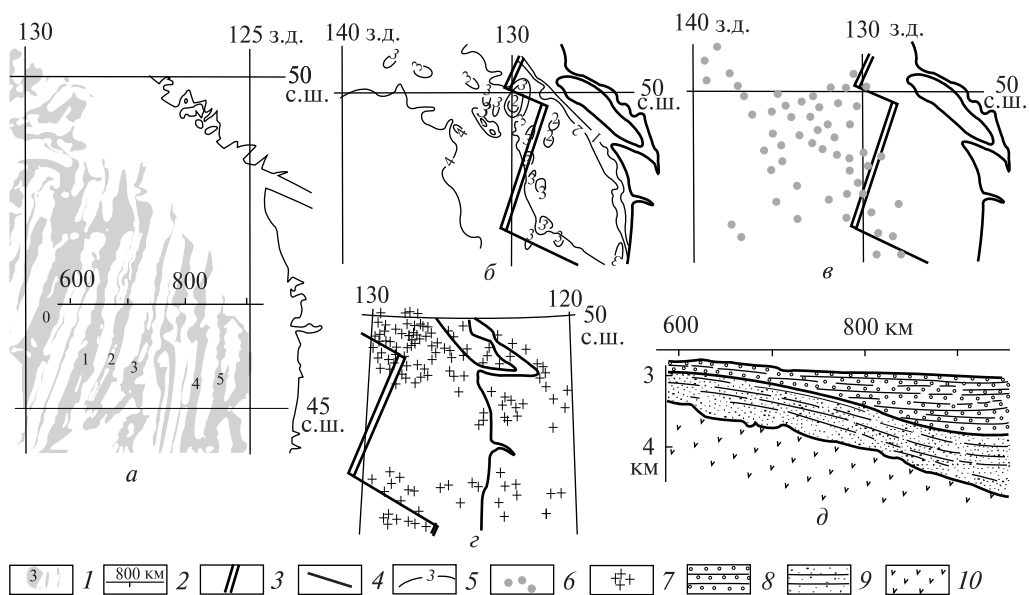


Рис. 1. Плита Хуан де Фука: *а* — распределение положительных аномалий магнитного поля, *б* — батиметрия плиты и прилегающей части Тихого океана, *в* — локальные подводные горы на плите, *г* — распределение эпицентров землетрясений, *д* — состав осадочного слоя вдоль профиля через абиссальную равнину Хуан де Фука. 1 — магнитные аномалии, цифры — номера аномалий; 2 — профиль, вдоль которого построен разрез осадочной толщи (рис. 1, *д*); 3 — хребты Хуан де Фука и Эксплорер; 4 — трансформные разломы; 5 — изобаты (км); 6 — локальные подводные горы; 7 — эпицентры землетрясений; 8 — горизонтальнослоистые турбидиты верхнего плейстоцена; 9 — параллельнослоистые турбидиты и грубозернистые осадки нижнего плейстоцена (0,5–1,8 млн лет) и плиоцена (1,8–5 млн лет); 10 — акустический фундамент [47]

стала № 5 [23]. На некоторых схемах полосовые аномалии на плите вообще отсутствуют [80 и др.]. Иногда такое изменение связано с анализом рельефа фундамента по сейсмическим данным. В некоторых случаях [68] он формирует вполне сопоставимые аномалии магнитного поля [101, 102], хотя чаще расчетные эффекты меньше типичных ПА.

Но существенней пренебрежение авторами анализа магнитного поля основными канонами ГТП, что лишает проведенную работу всякого смысла. Хребт Хуан де Фука не годится на роль спредингового. Форма рельефа, отвечающая термину «хребт», по изобатам не видна. Линия «хребта» проведена по пологой наклоненной абиссальной равнине (рис. 1, *а*). Невыразительному скоплению небольших поднятий дна (подводных холмов) скорее можно приписать другой вариант объединения в виде линейной структуры (рис. 1, *б*). Хребт не трассируется мелкофокусными землетрясениями, они встречаются на «плите Хуан де Фука» и на прилегающей части суши (рис. 1, *г*). Глубины гипоцентров за редкими исключениями — 20 ± 20 км, нет значимых признаков фокальной зоны. Нет базальтового магматизма, присущего СОХ, который, собственно, и должен формировать плиту. Отсутствует обязательный признак места начала субдукции — краевой глубоководный желоб. Резко повышенный тепловой поток представлен только восточнее хребта. Непосредственно западнее него он сокращается до минимальных величин, указывающих на отсутствие астеносферы [56, 93 и др.].

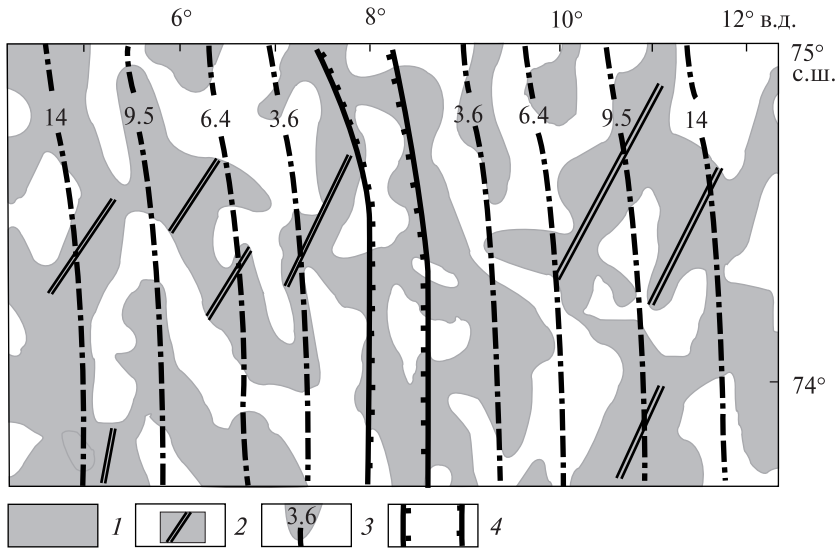


Рис. 2. Магнитное поле района хребта Книповича. 1 — положительные аномалии; 2 — оси вытянутых аномалий; 3 — возраст коры, млн лет [21]; 4 — центральный трог хребта

Восточнее хребта она очевидна по геотермическим и геоэлектрическим [5] данным. У береговой линии значительной астеносферы может и не быть. Т.е. в целом картина аналогична хорошо изученной несколько восточнее — в северной части рифта Провинции Бассейнов и Хребтов [17, 61 и др.]. Вполне вероятно, что принципиально близкий глубинный процесс на плите достиг стадии океанизации. Близкие по характеру аномалии магнитного поля наблюдаются у северо-западного борта Южно-Охотской впадины [46], где завершается океанизация. Севернее хребта Эксплорер до самой Аляски распределение ПА в сущности именно так и трактуется: спрединговый хребет отсутствует, нумерация аномалий начинается недалеко от берега. «Скорость спрединга» с приближением к Аляске сокращается до 2—2,5 см/год.

Несмотря на все перечисленные обстоятельства, рассматриваемый район для большинства сторонников ГТП остается системой «спредингового хребта и расходящихся от него плит». Вернувшись к началу его изучения, обнаружим, что причиной создания этой конструкции была симметричность двух ПА, обрамляющих произвольно выбранную нулевую аномалию [100]. Т.е. не приуроченность аномалий к приосевым частям независимо изученного хребта указывала на спрединг, а наоборот. Именно при такой извращенной логике можно не обращать внимания на любые аргументы. В районе «хребта» выделен по сейсмическим данным и бурению осадочный слой мощностью 0,5—1,0 км со скоростью продольных волн 2,1—2,3 км/с. Прогиб между континентальным подножием и «хребтом» заполнен практически недеформированными осадками в возрастном диапазоне времен «спрединга и субдукции» (рис. 1, д). Очевидно, что породы поверхности фундамента от оси «хребта» до берега сформировались ранее 5 млн лет назад. Согласно принятой модели они возникли (откуда?) 0—10 млн лет назад (см. ниже).

Второй пример относится к одному из участков Мирового океана, где ПА практически не выделяются — хребту Книповича. Поле именуется «скрыто-полосчатым» [18, 89 и др.] (рис. 2).

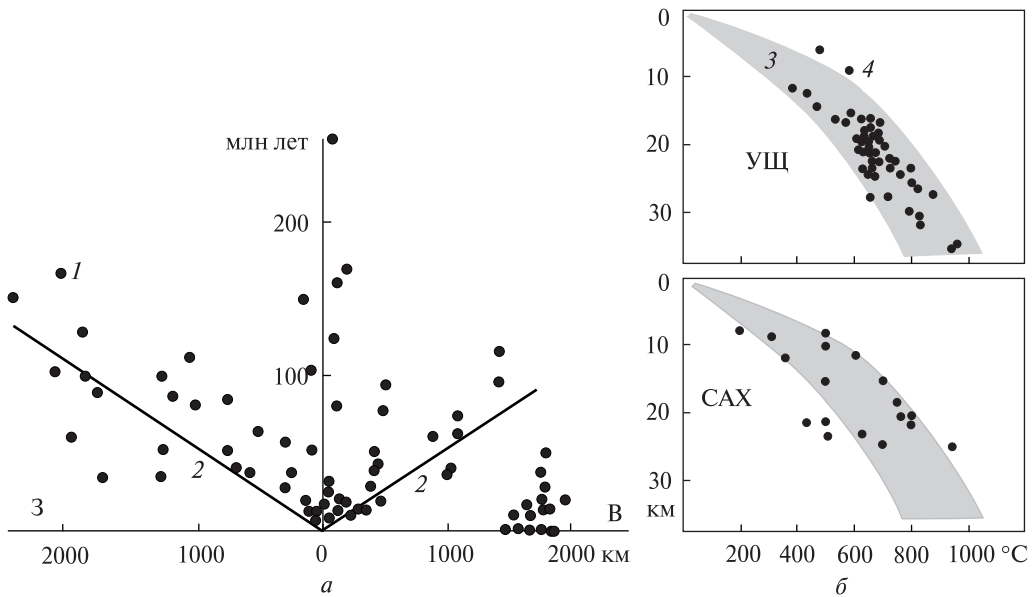


Рис. 3. Результаты определения возраста и РТ-условий образования пород: *а* — возраст пород фундамента Атлантического океана, *б* — РТ-условия образования коровых пород Украинского щита и САХ. 1 — возраст пород по [14, 39, 41 и др.]; 2 — изменение возраста коры по ПА [66 и др.] с удалением от оси САХ; 3 — расчетный диапазон РТ-условий по АПГ; 4 — экспериментальные данные о РТ-условиях

Скорее всего, его следует назвать ячеистым, совсем непригодным для выделения ПА. Однако, используя описанный выше арсенал средств анализа (с добавлением представления о «косом» спрединге и др.), оказалось возможным датировать расходящиеся от зоны спрединга порции новообразованной коры возрастом до позднего олигоцена (32 млн лет) на 200 км к западу и востоку. Вероятно, в то время еще не было известно, что троговая долина хр. Книповича почти на всем протяжении и на большую часть ширины заполнена неоген-четвертичными осадками (именно в указанном возрастном диапазоне) мощностью до 2 км. В последующие годы изменилось и описание морфологии дна. Наряду с близким к представленному на рис. 2 приводятся варианты с резкой фрагментацией хребта разломами, примерно нормальными к показанным на рис. 2 осям магнитных аномалий. Далее выяснилось, что наблюдаемое на хр. Книповича «...отсутствие осадочного чехла в его оси... и отсутствие магнитоактивного слоя говорят о том, что время его образования, скорее всего, четвертичное» [44, с. 382]. Эти точки зрения ограничивают обширный массив публикаций, ясно показывающий, что, используя один набор фактов и априорную идею спрединга, можно получить любой результат [18, 20, 22 и др.]. Даже такой: «Являясь в настоящее время активным центром спрединга... хребет Книповича не обнаруживает... разрастания океанического ложа». [20, с. 181]. Т.е. спрединг есть, хотя его и нельзя обнаружить. Говорить о достоверности таких построений не приходится.

По сравнению с рассмотренными «проблемными» регионами САХ выглядит образцом распределения ПА и расчета скорости спрединга. Однако прямые определения возраста пород говорят об его отсутствии [14 и др.]. Например, по разные стороны оси рифтовой долины САХ на расстоянии 5 и 6 км от нее в райо-

не 15—16° с.ш. [43] обнаружены породы с возрастом 3,5 и 20 млн лет. При принятой скорости спрединга 2,8 см/год первая должна находиться в 100 км от оси САХ, вторая — в 560 км в противоположную сторону. Подобные участки хребта получили в ГТП название «зоны аномально медленного спрединга» (как будто этот набор слов что-то объясняет), но распределение «возраста океанической коры» на прилегающих участках склонов САХ и соседних котловин сохранилось в публикуемых схемах отвечающим скорости около 2 см/год. Собственно, во всей экваториальной части океана ПА диагностируются очень плохо [18, 24 и др.], так что и без отмеченных противоречий общая картина распределения возраста коры [66 и др.] сомнительна.

По данным многих авторов [48, 58, 91, 103 и др.], разнообразные метаморфические породы были отобраны в изобилии практически по всей длине САХ [14] (рис. 3, б). Есть случаи проявлений ретроградного метаморфизма, наложенного на образования амфиболитовой и гранулитовой фаций [96 и др.].

В целом на дне Атлантического океана в пределах примерно 2000 км западнее и восточнее оси САХ мощность осадков позволяет спорадический отбор образцов пород фундамента и определение их возраста (рис. 3, а).

Конечно, спрединг в разных частях САХ мог начаться в разное время и происходить с разной скоростью, но по обычно приводимым сведениям [66 и др.], резких различий этих параметров на большей части протяженности хребта не видно.

Объем информации о возрастах пород, выходящих на поверхность в центральной части САХ в осевом трое и бортах секущих хребет крупных разломов, вполне позволяет провести выделение несомненно коровых образцов. Можно представить (пусть еще пока фрагментарно) историю активизаций региона. Древность многих из них подтверждается и изотопией гафния [26]. Изучены РТ-условия образования пород. Сопоставим эти данные с расчетными по АПГ и аналогичной информацией по Украинскому щиту, которая совпадает с данными по всем щитам мира (табл. 1) [14 и др.].

Прогноз, насколько это возможно при имеющихся данных, оправдывается. В докембрии, при относительно высокой концентрации радиогенных источников тепла, частота активизаций совпадает. Затем (начиная с юры, после океанизации

Таблица 1. Сравнение возрастов (млн лет) активных геологических событий по АПГ (М) на современной платформе, Украинском щите (УЩ) и САХ

М	УЩ	САХ	М	УЩ	САХ	М	УЩ	САХ
2650	2660	2650		1950				840
2600	2600	2580	1850	1880	1860	790	770	780
2550	2550	2520	1800	1800	1800	600	650	650
2500	2500	2490	1750	1750	1740		500	530
2400	2430	2420		1690	1690	400	370	350
2350	2340				1630		250	250
2280	2290			1580	1570	200	180	160
2240	2240		1480	1500	1500			120
2200	2200		1350	1350	1370		70	70
2150	2150		1250	1230				40
2120	2110	2130	1100	1100				20
2060	2060		950	900	990	5	5	1—3
2000	2000	2000						

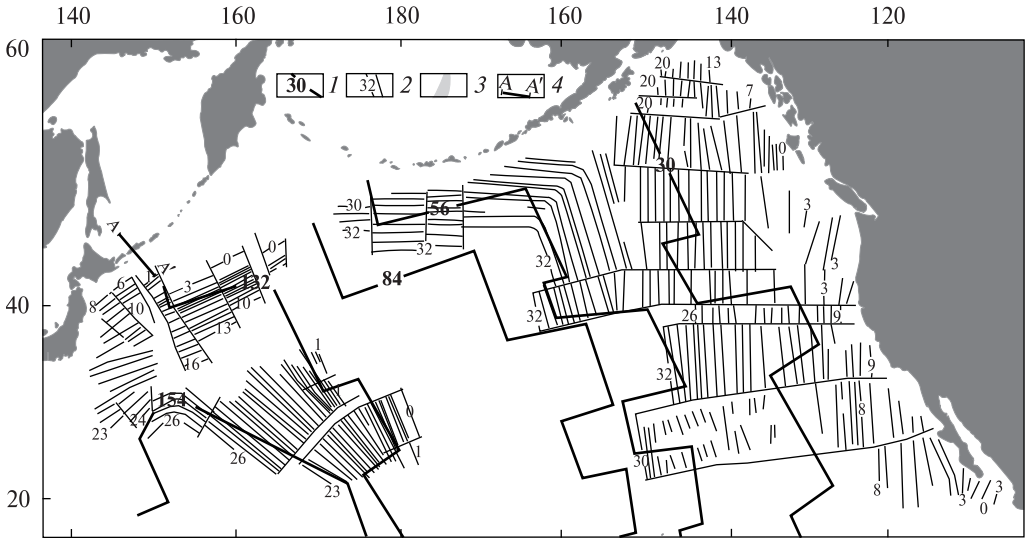


Рис. 4. Сопоставление возрастов океанической коры (1) и полосовых аномалий (2) в северной части Тихого океана. 3 — глубоководные желоба, 4 — положение профиля через южные Курилы для рис. 21

коры и переноса источников в мантию) начинает сказываться большее тепловыделение в мантии океанического региона. События в нем происходят с прежней частотой на фоне ее сокращения в модельном расчете и на шите [14 и др.].

Согласно АПГ геологические данные указывают на океанизацию современного ложа Атлантики начиная с периферии в юре. После завершения процесс был дополнен рифтогенезом в центре и проявлениями молодой одноактной активизации в некоторых районах котловин [14 и др.].

Протяженность периода одной полярности, достигающая в мезозое почти 40 млн лет, на 2 порядка отличается от минимальной, имеющейся в конце временной шкалы. «...эпохи нарушались короткими периодами противоположной полярности продолжительностью всего 100 000 лет... в течение раннего мела и поздней юры магнитные инверсии происходили чаще и отдельные эпохи полярности продолжались не более 1 млн лет» [27, с. 177]. Автору не приходилось встречать описания механизма конвекции в ядре (ей приписывается роль генератора главного дипольного поля), который объяснял бы такие изменения. Ни одна из 11 моделей динамо, приведенных в [66], не отвечает на такой вопрос. Не все исследователи магнитного поля океанов признают существование длительного мелового периода прямой полярности. В работе [4] упоминаются иные точки зрения на распространение океанических регионов без полосовых аномалий: прогрев коры после воз-

Таблица 2. Номера (№) полосовых аномалий и возраст (t, млн лет) коры по [87]

Плиоцен-мел				Мел-юра			
№	t	№	t	№	t	№	t
5	10	21	48	0	120	21	148
6	20	25	56	4	127	25	154
13	30	31	68	10	132		
18	40	34	83	16	140		

никновения ПА и др. Кстати, интенсивность неполосовых мезозойских аномалий значительно больше типичных ПА котловин. Т.е. и такие перепады поля осуществимы без привлечения объектов с обратной намагниченностью.

Довольно странно выглядит распределение ПА и установленного по ним возраста коры в Тихом океане. На рис. 4 показана его северная часть по [65, 66, 68, 74, 83, 87, 88 и др.], принятое соотношение между аномалиями и возрастом приведено в табл. 2. К данным по южной части океана нет смысла обращаться, так как в ее пределах изученность поля много меньше, а неизученные площади заполняются «синтетическими» аномалиями [83] или «Интерполяция между разреженными линиями профилей в океанах улучшена за счет направленной сетки и экстраполяции, основанных на модели возраста океанической коры» ([65], перевод авт.). Т.е. авторам решение задачи известно заранее, нужно лишь «дорисовать» детали.

На схеме (рис. 4) представлены две группы полосовых аномалий: восточная — кайнозойская и западная — мезозойская. Примерно на 40—50 % площади рассматриваемого региона ПА отсутствуют. Используя названные выше приемы можно объяснить все что угодно, в том числе и исчезновение ПА. Но тогда определение возраста с их применением становится умозрительной операцией не только на площади с полем мозаичных аномалий, но и западнее. Результат предпринятых построений вызывает недоумение.

1. Часть изохрон проведена по местам отсутствия полосовых аномалий, основания для такой операции не указываются. Изохроны плохо вяжутся с номерами кайнозойских аномалий. Между ними на севере оказываются расстояния во многие сотни км (до 20 млн лет в терминах ГТП). Недостоверны и большие смещения аномалий по трансформным разломам. При объективном контроле (изучении смещений границ датированных отложений в мульде центральной Пасифики, а не никак не маркированных магнитных аномалий) они не обнаруживаются [14 и др.]. При реальных смещениях по разломам их должна сопровождать сейсмичность (как, к примеру, разлом Сан-Андреас). Однако, она отсутствует.

2. Во всем регионе невозможно найти места, где ПА и основные элементы ГТП сочетались бы в соответствии с предполагаемым гипотезой глубинным процессом. В восточной части номера аномалий растут вначале от неизвестного центра спрединга, который, вероятно, должен совпадать с краем континента, но нигде не описан. В этом районе мощность коры намного превосходит океаническую, достигая 15—30 км [28, 42 и др.]. Рассматриваемая зона относится к континентальной окраине [30]. Развит мощный осадочный слой (соответственно нет определений возраста гипотетических пород слоя 2А). Источник MORB отсутствует [75], как и объяснение откуда берется материал на производство плиты. Аномалии практически перпендикулярны Алеутско-Аляскинскому желобу, т.е. плита «движется» вдоль него. Западнее аномалии поворачивают (?), и плита «вылезает из-под желоба», а не погружается под него. В отличие от побережья Сев. Америки вдоль Алеутского желоба имеется фокальная зона глубиной около 200 км. Сторонники ГТП используют два варианта для «объяснения» этих противоречий. В первом считается, что плита (место ее образования не указывается) движется под желоб у Аляски, несмотря на простираение ПА [50]. Во втором (одна из разновидностей описана, например, в работе [31]) вся Арктическая плита вращается практически без поступательного перемещения по поверхнос-

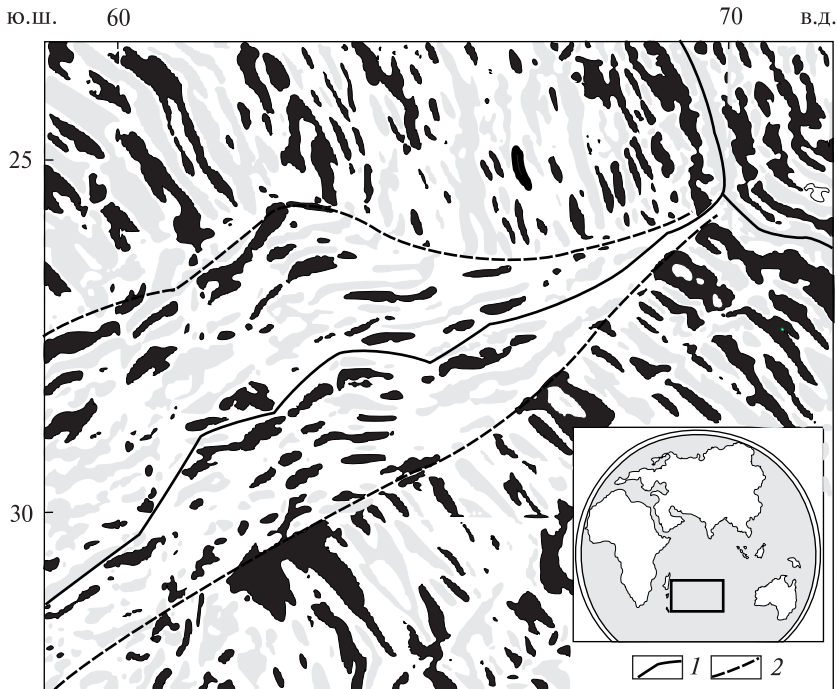


Рис. 5. Полосовые магнитные аномалии в западной части Индийского океана [52, 59 и др.]. 1 — оси рифтов, 2 — предполагаемые разломные ограничения Западно-Индийского хребта

ти Земли. Контакт с плитой Пасифики происходит по Алеутско-Аляскинскому желобу. О субдукции речь не идет. Конечно, одновременно Тихоокеанская плита, начиная с поднятия Обручева, исправно «погружается» под окраину Евразии, а проходя над горячей точкой Гавайев, движется в сторону сокращения возраста самых западных кайнозойских ПА, а не наоборот.

3. Предполагается, что мезозойские аномалии образовались в результате спрединга в тройном сочленении СОХ, каждый из которых вращался вокруг оси с координатами в районе 15° с.ш. и 155° в.д. Ситуацию осложняло и влияние горячей точки на месте современного поднятия Шатского. Едва ли можно говорить о достоверности и однозначности результатов такого анализа. Тем более, что он не объясняет, например, попадания мезозойских ПА в Японский желоб, включая его внутренний склон (см. рис. 4).

Распределение ПА в западной части Индийского океана демонстрирует современный вариант тройного сочленения Западно-Индийского, Центрально-Индийского и Австралийско-Антарктического хребтов (рис. 5). Поскольку идеальная синхронность образования источников ПА вблизи осей рифтов не аргументирована, наблюдаемую картину можно просто объяснить несколько более поздним формированием Западного рифта. Причем ситуация похожа на замещение старых источников аномалий новыми (содержащимися в новой коре), а отнюдь не на раздвижение плит вокруг более позднего рифта. Подобная структура поля просматривается и в месте сочленения Антарктическо-Африканского хребта с САХ, Галапагосского хребта и хребта Наска с Восточно-Тихоокеанским поднятием, но отсутствует в районе поднятия (СОХ?) между САХ и Гибралтаром.

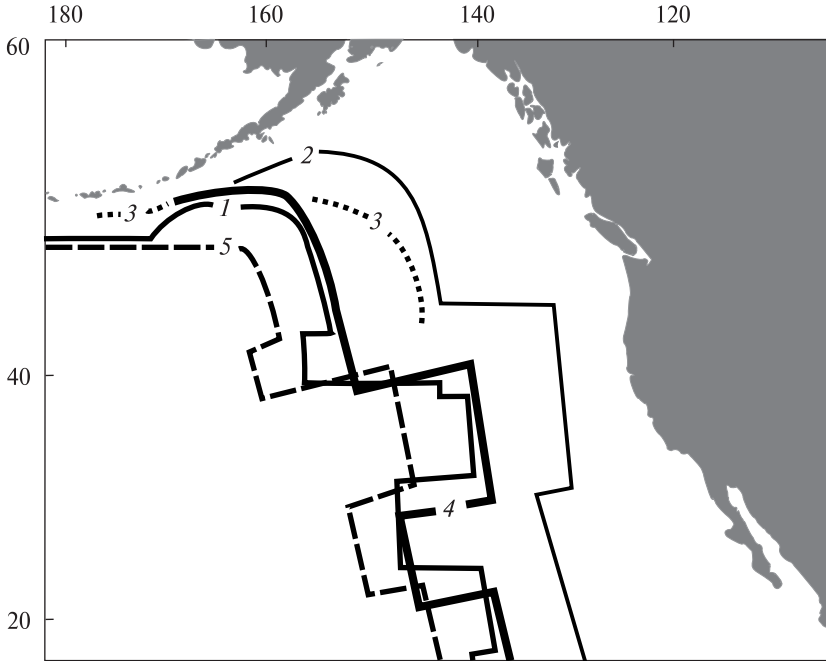


Рис. 6. Сравнение изохрон возраста коры (65 млн лет) по ПА в северо-восточной части Тихого океана по данным различных авторов: 1 — [92], 2 — [30], 3 — [23], 4 — [80], 5 — [74]

Те. имеет место не синхронное развитие трех осей спрединга, а наложение нового процесса на зону действия старого с полным стиранием результатов последнего на пространстве, охваченном молодой активизацией.

Своеобразно проявление подобного процесса в структуре магнитоактивного слоя асейсмичных поднятий и хребтов: здесь нет упорядоченных «мезозойских» аномалий. В Индийском океане оси ПА срезаются поднятиями Кергелен, Мадагаскарского, Маскаренского, Восточно-Индийского и Западно-Австралийского хребтов как и подножьями континентальных склонов Австралии, Африки и Мадагаскара. Эти факты трудно совместить с представлениями ГТП о движении однообразно устроенных плит от СОХ к континентам.

В работе [6] обобщены результаты определения скоростей спрединга и субдукции в Тихом океане. Первая величина составляет 11,2 см/год. Данные о субдукции — в табл. 3

Очевидно, что эти сведения невозможно не только совместить с описанным выше расположением ПА, но и согласовать их фрагменты между собой. Причем

Таблица 3. Значения скоростей субдукции (V, см/год) по [6]

Регион	V	Регион	V
Алеутская дуга	3,5	Южно-Курильская дуга	9,5
Восточно-Алеутская дуга	5,8—6,4	Японская дуга (северная часть)	9,5—10,3
Западно-Алеутская дуга	7,7	Японская дуга (южная часть)	6,2
Курилы, Камчатка, Хонсю	7,5	Бонинская и Марианская дуги	1,2
Северо-Курильско-Камчатская дуга	8,3	Идзу-Бонинская дуга	4,7—7,7
		Марианская дуга	3,1—3,8

за пределами обобщения существуют и другие точки зрения на скорость субдукции. Ведь способ ее определения — согласование умозрительных движений плит, а не анализ каких-то конкретных фактов.

Имеющиеся в настоящее время сведения о количестве базальтовой магмы, изливающейся на поверхность Земли и заполняющей подводящие каналы в коре океанов, очень неточны. Однако не вызывает сомнений, что оно примерно на 1,5 порядка меньше нужного для «производства» коры, необходимого для постулируемого ГПТ спрединга [14 и др.]. Собственно, одной этой оценки достаточно для признания гипотезы (и вместе с ней механизма формирования ПА) нереальной.

Подводя итог рассмотрению применения ПА для определения возраста геологических объектов, можно присоединиться к мнению В.М. Гордина: «...уподобляя аномалийную магнитостратиграфическую шкалу «эталонной линейке», приходится признать, что определение магнитного возраста литосферы — это измерение с резиновым эталоном со всеми вытекающими отсюда последствиями» [18, с. 76—77]. Добавим, что иногда этот возраст определяется вообще при отсутствии аномалий, да и едва ли стоит приписывать возраст слоя мощностью в первые сотни метров литосфере.

Приводимые различными авторами [87 и др.] оценки погрешности возраста по магнитным данным (первые млн лет) следует рассматривать в качестве ошибок процедур расчетов, не более того. Но и в этом случае, и при исключении не поддающихся никакой оценке мезозойских аномалий вариации кайнозойских ведут к погрешностям возраста около 8 млн лет (рис. 6), т.е. многократно превышают длительность периода одной полярности.

Земная кора океанов

Процесс океанизации подробно рассмотрен в работах автора [14 и др.] и здесь не будет детально описан. Укажем лишь, что она возникает на основе коры со структурой, примерно отвечающей данным о коре континентальной части переходной зоны.

Информация о существовавшей ранее континентальной коре в пределах всех современных океанов приобрела уже массовый характер и охватывает примерно четверть их площади. На рис. 7 показано расположение большей части таких участков со следами прежней «континентальности» по данным [3, 32, 39, 41, 49, 51, 59, 63, 97, 103 и др.].

Высказанное предположение о характере преобразования коры [14 и др.] подтверждается и результатом анализа особенностей ее скоростной структуры в наименее переработанной западной части Тихого океана. Здесь «...видны результаты переработки в океаническую существовавшей ранее коры иного типа — континентальной или, что может быть более вероятно, близкой по типу к современной коре западной переходной зоны» [42, с. 93]. Под осадками разной мощности (0—6 км) со скоростью продольных сейсмических волн около 3,5 км/с залегает слой с V_p на уровне фундамента 6,2 км/с, на глубине около 16 км — 6,5 км/с. На разделе Мохо (около 30—35 км) достигается скорость 7 км/с. Необходимо учитывать, что эти данные получены в ситуации сильного прогрева коры, при пересчете к платформенным температурам (T) скорости в консолидированной коре будут изменяться от 6,3 до 7,2 км/с.



Рис. 7. Участки океанов (черный цвет), на которых присутствуют признаки ранее существовавшей континентальной коры

В разных работах, посвященных структуре земной коры океанов, используется различная, иногда противоречивая, терминология. Слой со значениями V_p от 7,3—7,9 до 7,7—8,1 км/с под Гавайским поднятием отнесен к коре, а слой с V_p 7,4—7,9 км/с под северной частью Восточно-Тихоокеанского поднятия и «хребтом» Хуан-де-Фука — к мантии [9]. Иногда прямо отмечается разница между разделом М и границей кора-мантия: «Пластовая скорость ниже границы М составляет... 7,9 км/с с увеличением до 8,3 км/с с глубин 32—33 км (кровля верхней мантии) ниже уровня океана. Обращает на себя внимание тот факт, что интенсивное закритическое отражение на этих глубинах прослежено на расстояниях 200—500 км при массе заряда 20 кг. В то же время граница М на глубине 13 км прослеживается на коротких (30—60, реже до 100 км) расстояниях от пункта взрыва при той же массе заряда» [7, с. 42—43]. Логичнее разделом М считать границу, ниже которой располагаются только мантийные породы (со значениями скорости 8,0 км/с и более, исключения могут быть связаны только с аномально прогретыми районами). Следы мощной коры, переработанной при океанизации, обнаружены и в Южно-Охотской впадине, где ее существование до преобразования не вызывает сомнений. Значения V_p на этих глубинах представлены на рис. 8. В разных океанах удалось собрать свыше 150 значений скорости на глубинах более 12 км. Преобладают установленные на 12—20 км, но заметно представлены и большие глубины.

Средняя скорость в интервале глубин 10—30 км составляет около 7,9 км/с. Отметим, что здесь речь не идет об общепризнанных фрагментах континентальной коры, распространенных во всех океанах. Рассматриваемые следы фиксируются в районах развития океанической коры с обычным для нее скоростным разрезом. Преобразование коры сводится к эрозии верхнего слоя и пополнению оставшейся части мантийными выплавками основного состава. Их количество эквивалентно слою мощностью 8 км. Скорее всего, они не распространены равномерно, а сконцентрированы в отдельных блоках. Об этом говорит наличие полей с разными значениями V_p в Тихом океане [9].

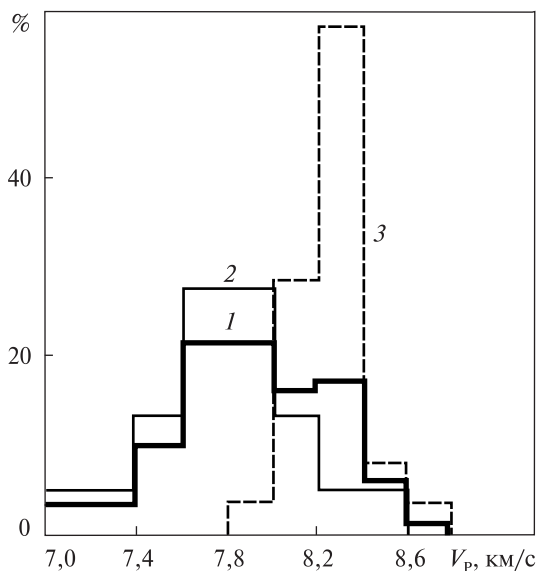


Рис. 8. Гистограмма распределения скоростей сейсмических волн на глубинах 12–30 км под океанами. 1 — весь массив данных; 2, 3 — предполагаемые составные части: 2 — основные гранулиты и лерцолиты, 3 — эклогиты

В платформенной коре в нижнем слое до 30 % ультраосновных образований [14 и др.], на кровле переходного слоя их количество сокращается до первых процентов. В нижнем слое океанической коры ультрабазитов едва ли много больше. В состав коры входят также остаточные основные гранулиты с плотностью при высокой T около $2,9 \text{ г/см}^3$ и эклогиты с плотностью $3,4 \text{ г/см}^3$. Последние могут быть остатками преобразуемой коры, но в значительной мере — результатом эклогитизации (в присутствии летучих) базитов, образованных вторгшимися мантийными магмами. Подходящие PT -условия обеспечиваются при остывании интрузий. Очень близкий состав пород непосредственно наблюдается в приподнятых блоках на оси САХ. Комплекс включает фанерозойские и докембрийские (до архейских) основные и ультраосновные образования в амфиболитовой и гранулитовой фациях, т.е. возникшие в толстой коре [53]. При содержании эклогитов около трети плотность этой части коры составит $3,12 \text{ г/см}^3$. В условиях общего большого прогрева в верхних горизонтах мантии породы находятся в фации плагиоклазового лерцолита, их плотность сокращается до $3,10\text{—}3,15 \text{ г/см}^3$. Т.е. значительная часть измененной нижней коры океанов не погружается в мантию. В целом такая конструкция представляется вероятной. Средняя скорость в этом агрегате составит только $7,9 \text{ км/с}$, т.е. будет все же меньше обычной мантийной. При учете аномальных T она сократится примерно до $7,8 \text{ км/с}$. Такой прогноз согласуется с экспериментальными данными (см. рис. 8), но точность подобных расчетов не стоит преувеличивать. На их основе нельзя утверждать, что таким образом доказана мощность и состав океанической коры. Тем не менее, полученные данные открывают возможность предположения о дополнительных источниках магнитных аномалий кроме содержащихся в тонкой коре. Ведь сохранившаяся нижняя часть континентальной коры включает источники широко известных региональных аномалий магнитного поля. В ней могут встречаться и источники собственно ПА. На рис. 9 показаны оси положительных аномалий в районе Исландии и на Канадском щите, в провинции Верхнего Озера.

На всей площади, выделенной градусной сеткой на рис. 9, *a*, мощность коры — в диапазоне 20–40 км. Если учесть, что около 12 % весьма активного вулканизма острова представлены кислыми и средними эффузивами, то очевидна принадлежность коры этой части Фареро-Гренландского порога к континентальной. Континентальная кора под Канадским щитом не вызывает сомнений.

На всей площади, выделенной градусной сеткой на рис. 9, *a*, мощность коры — в диапазоне 20–40 км. Если учесть, что около 12 % весьма активного вулканизма острова представлены кислыми и средними эффузивами, то очевидна принадлежность коры этой части Фареро-Гренландского порога к континентальной. Континентальная кора под Канадским щитом не вызывает сомнений.

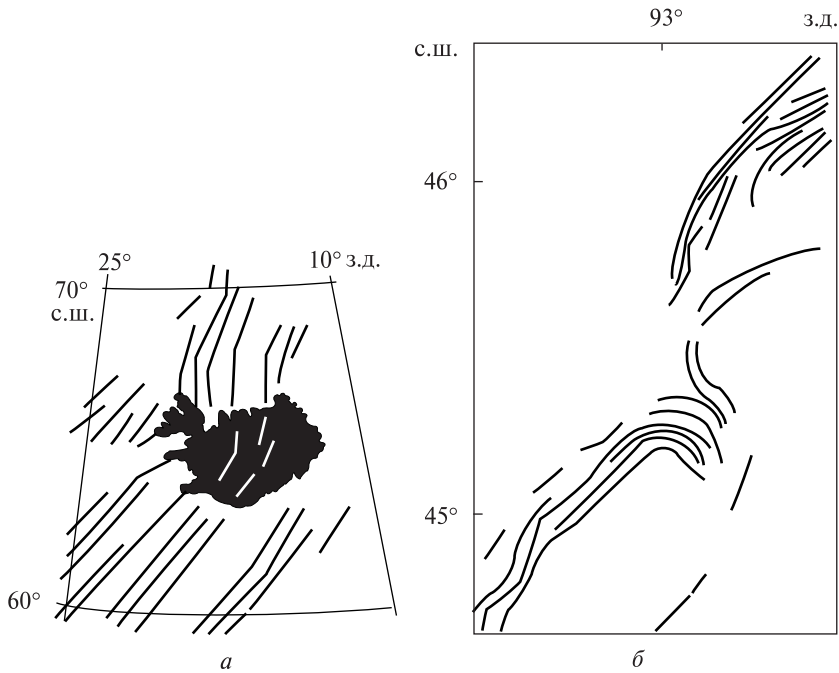


Рис. 9. Оси ПА: *а* — в рифте Исландии и прилегающей части Сев. Атлантики, *б* — в протерозойском рифте Верхнего Озера (Канадский щит)

Чередующиеся положительные и отрицательные аномалии магнитного поля вокруг рифта связаны с породами совсем иного состава, чем в океанах, у них одно направление намагниченности. С другой стороны, как отмечено выше, почти на половине площадей океанов ПА отсутствуют. Поэтому их нельзя признать непрменной принадлежностью океанической коры. Скорее следует говорить о связи с определенным типом эндогенного режима — рифтогенезом или весьма сходной с ним океанизацией.

Намагниченность пород дна океанов

Наиболее убедительным свидетельством реальности принятого в ГТП происхождения полосовых аномалий магнитного поля был бы результат определения возраста и направления намагничивающего поля образцов базальтов, отобранных по достаточно длинному профилю вкост СОХ. За более чем полвека существования плитовой тектоники этого не сделано. Приведенные выше данные частично отвечают на вопрос, почему так произошло. Фактически отсутствует и полная схема формирования аномалий, включающая учет эффектов всех этажей источников и их изменений под влиянием различных факторов. Это замечание относится и к детальным исследованиям магнитной минералогии базальтов, ее изменениям с низкотемпературным метаморфизмом малых глубин при участии флюидов и без него. Основной недостаток таких исследований — ориентация на эффекты, обусловленные самой верхней частью консолидированной коры [67, 84, 95 и др.].

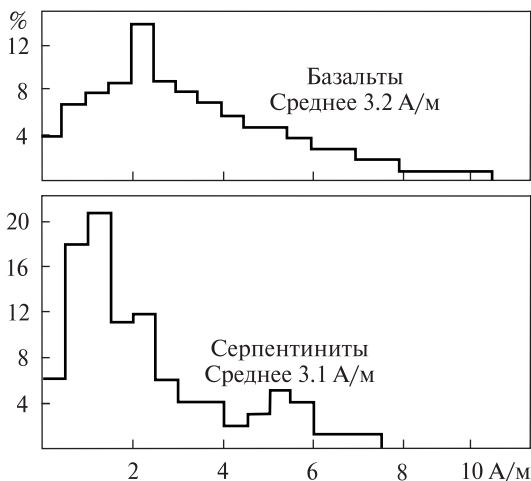


Рис. 10. Гистограммы распределений намагниченности двух групп пород океанского дна

В то же время известны многочисленные примеры необходимости «подключения» больших глубин. Ранее преобладало мнение о немагнитности мантийных серпентинитов [35 и др.], но по последним данным существуют и их магнитные разновидности [54, 66 и др.]. Сведения о намагниченности пород океанической коры имеются во множестве публикаций. Некоторые данные представлены в табл. 4. Гистограммы распределения намагниченности, собранные автором

(без претензии на полноту охвата материала, в основном — с целью представить раз-брос), показаны на рис. 10.

Очевидна большая изменчивость представленных данных. В случае базальтов максимальные значения приурочены к центральным частям СОХ (судя по амplitудам аномалий и прямым определениям намагниченности они втрое больше относящихся к котловинам), но их в общей выборке немного.

В какой-то мере современный уровень имеющихся знаний о распределении намагниченности пород коры может характеризовать рис. 11 [66].

Видимо для создания аномалий наблюдаемой интенсивности в большинстве случаев подходят породы слоев 2А и 4 (собственно, мантии). Причем в толще базальтов сильная намагниченность с высоким коэффициентом Кенигсбергера характерна только для пиллоу-лав, самых тонких потоков базальтовой лавы и апикальных частей толстых. Часто даже после чистки переменным магнитным полем стабильное (предположительно — первичное) направление намагниченности обнаруживается лишь у 50—60 % образцов [36]. Это может полностью стереть эффект инверсии. Впрочем, нельзя считать необоснованным и мнение о том, что намагниченность габбро сопоставима с таковой базальтов и серпентинитов, диапазон — 0—8 А/м [90 и др.].

Учитывая низкую температуру Кюри титаномагнетитов, можно ожидать намагничивания внутренних частей толстых потоков при изменившейся полярнос-

Таблица 4. Намагниченность пород океанической коры (средние значения, А/м)

Лавы (2А)	Дайки (2Б)	Габбро (3А и 3Б)	Серпентиниты (4, мантия)	Источник
5	0,1	1	—	[79]
3	0,1	0,5	1	[64]
3,5	1	0,4	3	[19]
—	—	—	2,5	[40]
3,7	—	—	—	[81]

Средняя мощность слоев, км: 2А — 0,3, 2Б — 1,7, 3А — 1,8, 3Б — 2,8.



Рис. 11. Типичные значения остаточной намагниченности и температуры Кюри для образцов пород дна океанов. Жирные линии — средние значения для свежих пород. Стрелки — изменение при низкотемпературной эволюции

ти. Не исключено, что так объясняется переслаивание базальтов с разной по направлению намагниченностью. Со временем переход к более крупнозернистым магнетитам ликвидирует обе особенности пиллоу-лав и пород тонких потоков, и они теряют не только способность к созданию особо интенсивных аномалий, но и обратную намагниченность. Проявляется и характерная для массивной части базальтового слоя повышенная вязкая намагниченность, становящаяся заметной на фоне остаточной. В итоге ее влияние приближает намагниченность большей части породы к прямой.

В слое 4 «...зерна магнетита могут быть большими и сосредоточенными вдоль жил серпентина... В этом случае крупные зерна способствуют низкой NRM (остаточной намагниченности — авт.), коэффициенту Кенигсбергера и сильной намагниченности (в современном поле — авт.). Магнетит также обнаружен в виде небольших однодоменных зерен с более высокой NRM и коэффициентом Кенигсбергера в серпентинизированной матрице перидотита. Серпентиниты с такой магнитной минералогией могут быть важным фактором возникновения магнитных аномалий. Обратная намагниченность серпентинизированных перидотитов еще не установлена» [66, с. 598]. Если этого не произошло за десятилетия изучения пород дна океана, то она или отсутствует или представлена в незначительной части серпентинитов. Таким образом, за пределами приосевой зоны СОХ не просматриваются реальные объекты с обратной намагниченностью, пригодные для создания отрицательных аномалий.

Отметим также, что меловые (в основном прямо намагниченные в момент образования) базальты фиксируются по данным глубоководного бурения практически везде, где доступны для опробования под толщей осадков, включая центральные части СОХ [33, 43 и др.].

Формирование источников аномалий

Судя по данным о намагниченности пород дна океанов, высокие значения сосредоточены почти всегда в довольно узкой (шириной около 100—200 км) зоне СОХ [95 и др.] — рис. 12.

Для большей части океанов (склонов СОХ и котловин) намагниченность ниже и менее изменчива. По данным работы [38] титано-магнетитовая вкрапленность сменяется магнетитовой на 30–50 % через первые млн лет после образования базальта и практически на 100 % — через 200 млн лет. Это ведет к исчезновению магнитной памяти и сокращению общей величины намагниченности. Т.е. источники отрицательных аномалий существуют только геологически краткое время.

«По частотному составу аномалии над глубоководными котловинами разделяются на коротковолновые с радиусами автокорреляции 20–25 км и средневолновые с радиусами корреляции порядка 40–60 км. Первые, вероятно, обусловлены внутриплитным вулканизмом и вторичной дифференциацией магнитных свойств платобазальтов, слагающих фундамент котловин; вторые — подбазальтовыми источниками: либо телами серпентинизированных габбро-гипербазитов, либо реликтами континентальной литосферы» [18, с. 80].

Исходя из общего положения о максимальной намагниченности первично-магматических пород [37 и др.] рассмотрим сведения о размещении изверженных пород при рифтогенезе. Имеется в виду, что по АПГ процесс океанизации очень близок к нему, а образование СОХ — совпадает с ним. Данных больше на континентах. Например, информация о магматизме рифтовых систем рифейского и герцинского возрастов на Восточно-Европейской платформе (ВЕП) довольно значительна, собрана в работе [16] и представлена на рис. 13.

Создается впечатление, что приведенные параметры согласуются: максимальной удаленности магматических проявлений от оси рифтов отвечает наиболее распространенное расстояние от осей СОХ до их окраин. Распределение 1 довольно близко к нормальному, но отсюда не следует, что по всей ширине СОХ одновременно возникают массивы изверженных пород, как это принято в одной

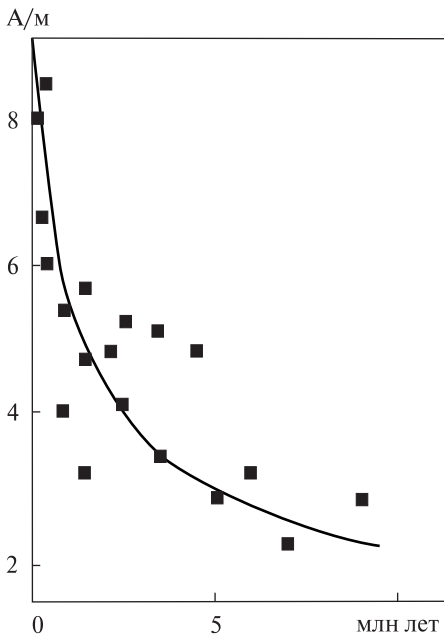


Рис. 12. Изменение намагниченности базальтов при удалении от оси СОХ [95]

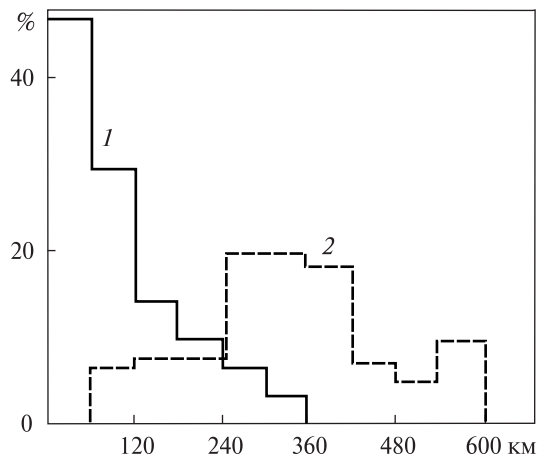
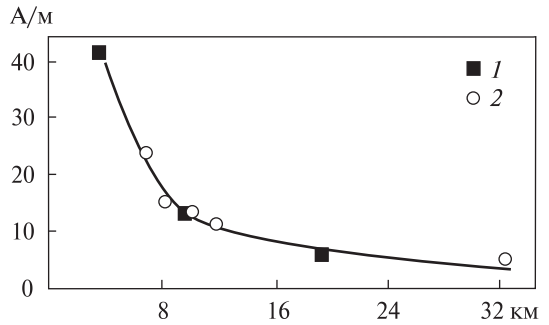


Рис. 13. Гистограммы распределений расстояний проявлений магматизма от осей рифтовых ВЕП (1) и полуширин СОХ океанов Земли (2)

Рис. 14. Глубины подошвы источника, при которых объясняется интенсивность региональных аномалий при разных величинах намагниченности пород в источниках. 1 — аномалия хр. Брокен, 2 — Восточно-Сахалинская аномалия



из схем формирования ПА [85]. Продолжительность рифтового магматизма составляет от единиц до нескольких десятков млн лет.

Деление активизированной территории согласно АПГ должно отвечать, по крайней мере, двум размерам преобразующих кору объектов: 1) квантов тектонического действия (КТД — минимальных порций вещества, способных к адвективному перемещению в мантии) и 2) ячеек внутрикоровой адвекции, формирующих наименее глубокие магматические вторжения, «надстроенные» проницаемыми зонами флюидной циркуляции. В первом случае ширина составляет в среднем 60 км (что подтверждено фрагментацией многих рифтов), во втором — отвечает поперечным размерам рудных полей — 10–20 км.

О максимальной глубине подошвы источников ПА можно судить по результатам интерпретации региональных аномалий, проявляющихся, в частности, и в спутниковых данных. Их на океанах меньше, чем на континентах, но они все же встречаются во всех из них. Аномалии положительны и сопровождаются двумя или одной (в случае наклонного источника) отрицательными. Естественно, решение обратной задачи неоднозначно; насколько велика неопределенность результата, можно судить по оценочным расчетам, например, в работе [15]. Поэтому интерпретация была построена в виде решения двумерной прямой задачи для объектов с геологически очевидными поперечными ограничениями при переменной намагниченности. Результаты — из работы [76] по хр. Брокен западнее Австралии и проведенным автором расчетам для Восточно-Сахалинской аномалии (протянувшейся от м. Шмидта до окраины Южно-Охотской впадины) — приведены на рис. 14.

Восточно-Сахалинская аномалия проинтерпретирована также в работе [1]. Кровля источника принята на глубине 10 км, подошва — 25, ширина — 20 км. По мнению этого автора примерно такими же параметрами обладает источник менее изученной аномалии, протягивающийся вдоль курильского края Южно-Охотской впадины.

Результаты практически совпадают, несмотря на разные глубины кровли и ширины источников и разные высоты наблюдений магнитного поля. Реальная намагниченность (см. выше) достигается при глубине подошвы источника порядка 30 км. Намагниченность согласуется с экспериментальными данными для серпентинизированных базит-гипербазитовых образований и с установленной при интерпретации многих региональных аномалий на континентах, в частности, на территории Украины [12]. И на континентах источники региональных аномалий часто ограничены снизу разделом М. Оправдывается также прогноз-

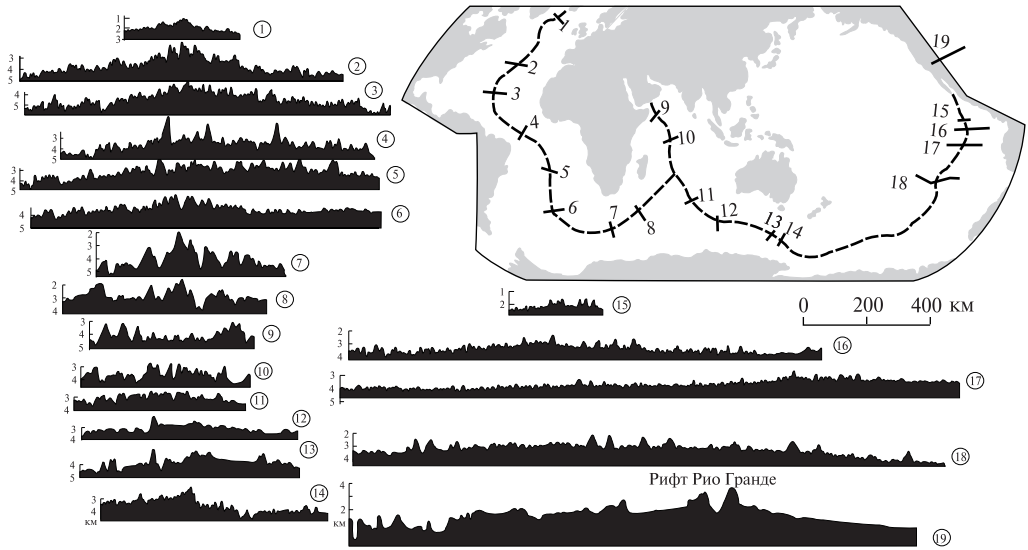


Рис. 15. Обзорные профили рельефа дна океана [30] (1—18) и рельефа поверхности зон рифтогенеза Кордильер Сев. Америки [61] (19)

ная по АПГ мощность земной коры океанов (см. выше). Аналогичная глубина подошвы источника получена и по данным гравиметрии [55].

Кроме незначительных и частых и более редких, но явно связанных с большими вертикальными смещениями блоков поперечных разломов (см. рис. 4), во время рифтогенеза и океанизации формируются и продольные нарушения, амплитуда которых в некоторых случаях достигает 2—4 км.

Именно с ними связаны проницаемые зоны, обеспечивающие проникновение поверхностных вод на глубину, по крайней мере, до нескольких километров. Возможен и подъем магматических флюидов над вторжениями магмы в верхнюю часть коры и серпентинизация пород прилегающих блоков с использованием прогрева и флюидов магмы. Повсеместное распространение продольных разломов отражается в рельефе фундамента не только в районах СОХ, но и далеко за их пределами, часто под покровом осадков (рис. 15). Примерно такой же расчлененностью обладает и поверхность молодого рифта на континентальной коре. Это видно, например, в рифте Рио Гранде и примыкающей с запада Провинции Бассейнов и Хребтов (скорее всего — региону с начавшейся океанизацией). Восточнее, на Великих Равнинах Сев. Америки, активизация не имеет характера рифтогенеза и резкая расчлененность рельефа отсутствует (см. рис. 15).

В молодых рифтах, не прошедших стадии авлакогена, с небольшой мощностью пострифтовых осадков или их отсутствием можно рассмотреть размеры блоков, ограниченных продольными разломами. В какой-то мере это можно сделать и под осадками по данным ГСЗ. Ниже на рис. 16 показаны такие данные по кайнозойским и герцинским рифтам Евразии и Сев. Америки.

Очевидно, что представлены примерно те же размеры, что и среди ПА котловин океанов. Максимальные значения относятся к широким рифтам, образованным 2—3 поднявшимися рядом КТД.

Опираясь на эту информацию, можно перейти к построению моделей источников аномалий, возникающих в процессе тепловой эволюции и изменения

Рис. 16. Гистограмма ширины продольных блоков в герцинских и альпийских рифтах Евразии и Сев. Америки [61 и др.]

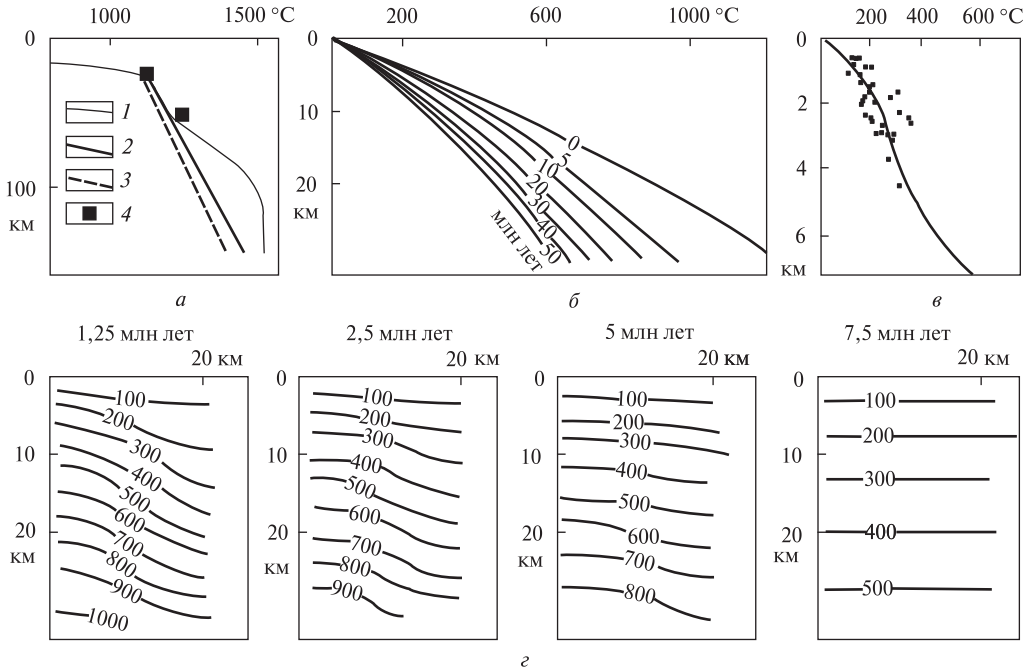
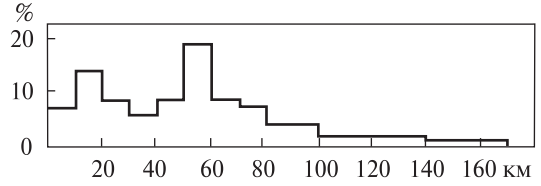


Рис. 17. Распределения температуры в коре и верхних горизонтах мантии при океанизации: *a* — для момента максимального прогрева; *б* — для периода остывания; *в* — для верхней части коры в районе циркуляции флюидов по проникаемой разломной зоне над неглубокой (кровля — на 7 км) интрузией; *г* — для остывания соседних блоков шириной по 20 км, граница между ними на пикете 10 км, в один из которых произошло вторжение интрузии. 1 — расчетная Т; 2, 3 — температура солидуса (2 — лерцолита, 3 — эклогита); 4 — экспериментальные данные о температуре

состава пород коры при ее переходе от континентальной к океанической. Есть смысл рассмотреть изменение температуры коры и верхней части мантии океанизируемого региона в соответствии с представлениями АПГ [14 и др.] в целом, т.е. в рамках одномерной модели. Для наглядности рационально начать с момента максимального прогрева верхней тектоносферы (рис. 17) (т.е. после вторжений магматических выплавки в нижнюю часть преобразованной коры, верхний слой которой уже срезан эрозией). В такой модели отсутствуют различия между районами, где произошли и не произошли вторжения магм из нижних горизонтов коры в верхние, а также совмещены элементы распределения Т, в реальности разделенные небольшими временными интервалами. Но зато можно просто оценить скорость изменения температуры во всем интервале глубин, где предполагаются источники ПА.

Контроль моделей проведен сопоставлением расчетных температур с данными о размещении кровель зон частичного плавления в нижней части коры и верхних горизонтах мантии (табл. 5) и сведениями о температурах образования минералов в верхней части коры в районах подъема потоков флюидов над неглубокими интрузиями [14 и др.].

На рисунке видны и условия образования зон частичного плавления (рис. 17, а), подтверждаемые данными для океанов [14 и др.], и образования магнетита при остывании ниже температуры Кюри (570–600 °С) (рис. 17, б), и формирования рудной вкрапленности в проницаемых зонах верхней коры (рис. 17, в), и эклогитизации базитов (диапазон $T = 600–900$ °С). Можно оценить и длительность каждого из процессов. Не всегда понятно — достаточно ли времени для их завершения. Большая часть магнетита в серпентинизированных низах коры может сформироваться за первые десятки млн лет. Минералы рудных зон возникают в течение 50–100 тыс. лет [14, 72 и др.]. Не исключено, что и остальные преобразования успевают произойти к моменту превращения преобразуемой континентальной коры в океаническую котловину.

Один из вариантов образования источников магнитных аномалий по результатам обобщения сведений о путях формирования магнитоактивных минералов в работе [38, с. 32] выглядит так: «...линейно вытянутые региональные зоны глубинного заложения высокой проницаемости, высокой магматической и тектонической активности как рифты..., глубинные разломы и т.п. Основная масса магнитных минералов такого происхождения (главным образом, магнетит) кристаллизуется в верхних этажах разреза земной коры, где $T-fO_2$ условия для этого наиболее благоприятны». В этой же работе (как и в некоторых других) отмечается важная роль одного из ведущих по АПГ процессов, принимающих участие в океанизации континентальной коры. Речь идет об эклогитизации. В ее ходе, как правило, резко сокращается намагниченность в связи с ростом концентрации немагнитных гранатов и уменьшения количества железа в остальных минералах. Оба типа преобразований сопровождаются перемещениями блоков, изменивших плотность. Всплывают серпентинизированные базиты-ультрабазиты и погружаются эклогиты. Для последних РТ-условия формирования устанавливаются на некоторое время между проницаемыми зонами разломов (см. рис. 17). Намеченная картина позволяет качественно объяснить полосчатость магнитного поля коры океанической котловины.

Известны и прямые описания полосовых аномалий и их источников, возникших в пределах экваториальной части САХ таким образом [58 и др.]. В районах пересечения хребта разломами Вима и Романш на значительных фрагментах склонов отсутствует верхний базальтовый слой, развиты вышедшие на поверхность дна протрузии серпентинитов, вытянутые вдоль САХ и, скорее всего, про-

Таблица 5. РТ-параметры магматических очагов в мантии океанов (глубина кровли, км и температура, °С)

Океан	СОХ		Котловина	
	глубина	температура	глубина	температура
Тихий	—	—	55 1200	25 1150
Атлантический	55 1250	25 1100	—	—
Индийский	55 1250	25 1100	55 1200	—
Арктический	45 1200	—	55 1250	—

низывающие всю кору. С ними связаны небольшие магнитные аномалии. Их амплитуды составляют 50—100 нТл. Учитывая низкую интенсивность намагничивающего поля у экватора (см. выше), можно предположить, что в аналогичной ситуации в более высоких широтах возмущения поля будут достигать примерно вдвое большей интенсивности и составят значительную часть обычных ПА.

Возможно, эта структура будет нарушена при наложении эффекта тектономагматической активизации более позднего возраста. Такие процессы широко распространены в западной части Тихого океана. На океанизированной в киммерийское время плите появились обширные регионы с крупными блоковыми подвижками и вулканизмом возрастом 0—50 млн лет [10, 11, 32, 49 и др.]. Простирание зон прогрева и перестройки коры не совпадало с прежним (как это довольно часто бывает при молодой и современной активизации). Появление молодых базальтов ведет к мозаичному повышению намагниченности, коэффициента Кенигсбергера (возможности формирования толщ с обратной намагниченностью). На обширных пространствах могли появиться хаотично расположенные аномалии вместо упорядоченного поля с ПА. Конечно, для исчерпывающего объяснения зон отсутствия полосовых аномалий приведенных соображений недостаточно. Они могут рассматриваться только как набор предположений, нуждающихся в детальной проверке.

Распределение «мезозойских» ПА (в частности, на западе Тихого океана — см. рис. 4) может быть связано с эффектом, рассмотренным в районах тройных сочленений СОХ (см. рис. 5). Здесь на значительных территориях (вал Зеленского, поднятие Шатского и др.) происходит современная активизация, включающая магматизм. Если она имеет рифтовый характер (о чем на основе известных автору данных судить сложно), то не исключено образование новых систем ПА, местами заменяющих старые, киммерийские. Вероятно и образование серий аномалий с перпендикулярным простиранием (см. рис. 4 и 5). Возможным оказывается и пересечение ПА, возникшими при киммерийской активизации, молодого Японского желоба (см. рис. 4).

Есть смысл рассмотреть на примерах хорошо изученных континентальных рифтовых систем вопрос о возможности заполнения больших пространств процессами, предположительно производящими ПА. Для современного рифтогенеза в Африке и рифейского — на Восточно-Европейской платформе (ВЕП) это кажется весьма вероятным (рис. 18) [14, 16].

Тем более, что на значительной части территории активизация может не оставлять явных следов, обнаруживаемых даже для современного процесса только при специальном исследовании [70 и др.]. Выполнение такой работы на территории Украины позволило установить, что процесс идет примерно на половине

Таблица 6. Время, необходимое для преобразования зерна минерала размером 0,5 мм [25]

Т, °С	Р, ГПа	Время (лет)	Т, °С	Р, ГПа	Время, лет
Погружение			Подъем		
500—600	0,56—0,67	$3 \cdot 10^9$	1000—900	1,11—1,00	$5 \cdot 10^4$
500—700	0,56—0,78	$1,5 \cdot 10^8$	1000—800	1,11—0,89	$1,4 \cdot 10^6$
500—800	0,56—0,89	10^7	1000—700	1,11—0,78	$4 \cdot 10^7$
500—900	0,56—1,00	10^6	1000—600	1,11—0,67	$2 \cdot 10^9$
500—1000	0,56—1,11	$1,4 \cdot 10^5$	1000—500	1,11—0,56	$2 \cdot 10^{11}$

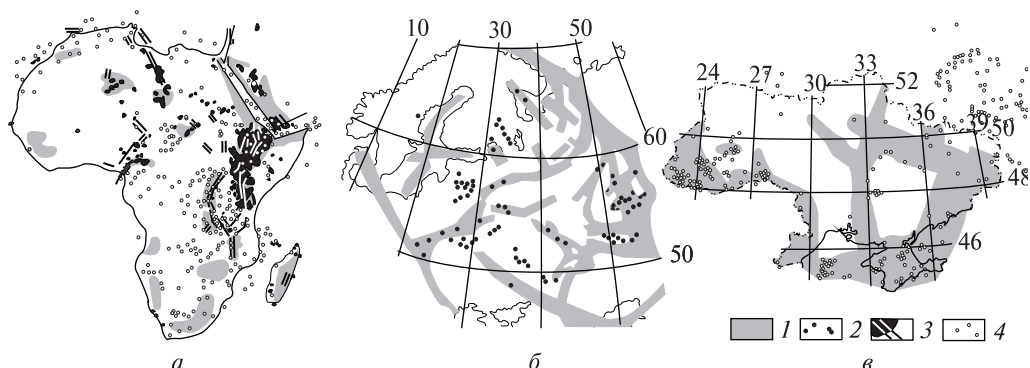


Рис. 18. Рифтогенез и зоны современной активизации: *а* — альпийский рифтогенез в Африке, *б* — рифейский рифтогенез на ВЕП, *в* — зоны современной активизации в Украине. 1 — интенсивные поднятия (рис. 18, *а*), зоны рифтогенеза (рис. 18, *б*) и современной активизации (рис. 18, *в*); 2 — проявления магматизма (рис. 18, *а* и 18, *б*); 3 — активные разломы, как правило, обрамляющие рифтовые трогои (рис. 18, *а*); 4 — эпицентры землетрясений (рис. 18, *а* и 18, *в*)

ее площади (рис. 18, *в*). Прогрев коры в районах вторжений вторичных (коровых) выплавок в верхнюю часть разреза создает условия для формирования источников магнитных аномалий, вполне сопоставимые с описанными выше. Это подтверждается и возникновением вдоль активных разломов зон современной и киммерийской активизации рудных месторождений [72].

Расчетные и наблюдаемые полосовые аномалии

Для начала необходимо отметить глобальную закономерность изменения интенсивности аномалий магнитного поля, присущую континентам и океанам. В экваториальной зоне шириной $\pm 10\text{--}15^\circ$ интенсивность аномалий заметно меньше, чем в высоких широтах [83 и др.]. Это логично, если намагничение источников произошло преимущественно в современном поле, которое у экватора в 2 раза слабее. Но при их намагничении в полях разных эпох с изменяющимся положением магнитных полюсов становится непонятным.

Основное региональное различие в интенсивности ПА — между котловинами (100—200 нТл) и привершинными частями СОХ (400—500 нТл) [52, 95 и др.].

Для вычисления ПА были использованы представления о двумерных блоках шириной 20 км. В расчетную модель включены намагниченности верхнего слоя (0—0,5 км, глубина кровли — 5 км) 4 А/м, среднего (0,5—5 км) — 1 А/м, нижнего — (5—25 км) — 4 А/м. Результаты вычислений сравнивались с произвольно выбранными фрагментами профилей, пересекающих полосовые аномалии в котловинах западнее Срединно-Атлантического хребта [18] (рис. 19).

Очевидно, что небольшими изменениями величин намагниченности и геометрии источников можно подобрать все особенности наблюдаемого магнитного поля.

В привершинной зоне СОХ источники аномалий примерно на 2 км ближе к поверхности, чем в котловине. Магнитная восприимчивость и, соответственно, намагниченность верхнего слоя базальта при расчете увеличена до 9 А/м (см. рис. 12 и др.). На больших глубинах намагниченности сохранены теми же, что и под котловиной. Т.е. предполагалось, что процесс серпентинизации успел состояться.

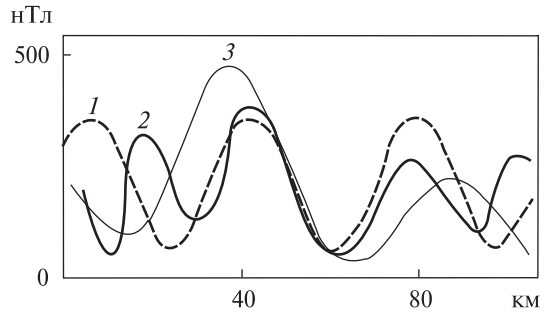


Рис. 19. Сравнение расчетных (1) и наблюдаемых (2, 3) полосовых аномалий магнитного поля котловин

Можно ожидать, что в соседнем блоке аналогичное распределение пород (с большой величиной коэффициента Кенигсбергера базальтов) сформируется при обратном направлении намагничивающего поля. Конечно, такая модель условна. Отвечающий ей расчет выполнен для демонстрации возможности получения более интенсивных аномалий, чем характерные для котловин (рис. 20).

Для сравнения с расчетными аномалиями взят фрагмент поля приосевой части САХ [18 и др.]. Видно, что возможность объяснения ПА этого типа при небольших вариациях намагниченности и размеров блоков существует. Об этом говорят, например, и результаты изучения магнитного поля на разных пересечениях хребта Карлсберг [34 и др.]. Для объяснения аномалий в некоторых случаях понадобились намагниченности в 2—3 раза больше типичных.

Отметим, что на той примерно половине пространства океанов, где поле мозаично и считается возникшим в период 80—120 млн лет назад при постоянной прямой намагниченности, интенсивность последней выше, чем в рассмотренных случаях [95]. Еще одна зона повышенных амплитуд полосовых магнитных аномалий встречается на границе СОХ и котловин. Высказывались различные мнения о природе этого явления. Предположение о большей интенсивности намагничивающего поля в период формирования источников не оправдалось (естественно, период отвечал «возрасту коры»). Гипотеза о повышенной концентрации железа именно в базальтах контактной области также не сработала. Анализы говорили о постоянстве химизма. Рассматривалась идея изменения сценария низкотемпературного окисления магнитоактивных минералов при эволюции температуры коры. Но такой эффект, установленный на искусственных образцах титаномагнетитов, не обнаружен в реальных породах дна океана [18 и др.].

Привлечено и представление об усиленной серпентинизации подкорового (т.е. находящегося по представлениям ГТП глубже 10 км под поверхностью океана) верхнемантийного вещества, создающего дополнительные источники поля. Выше было показано, что при реальной намагниченности такие объекты необходимы и для объяснения обычной интенсивности аномалий. Используемые тепловые модели кажутся малообоснованными, слишком упрощенно рисующими эволюцию температуры коры (см. рис. 16).

По мнению автора, выявленная интенсивность аномалий связана с тем, что океанизация не охватывала все пространство современного океана одновременно. Несинхронно развивавшиеся части региона разделяли фрагменты, не затронутые активными процессами. На контактах континентов и океанов это очевидно. И на активных, и на «пассивных» окраинах океанов обнаруживаются массивы пород, часто именуемые офиолитами (с точки зрения автора — неверно). По

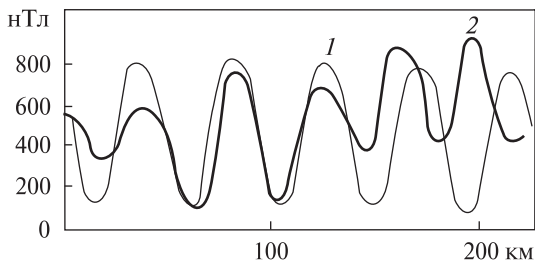


Рис. 20. Сравнение расчетных (1) и наблюдаемых (2) полосовых аномалий магнитного поля СОХ

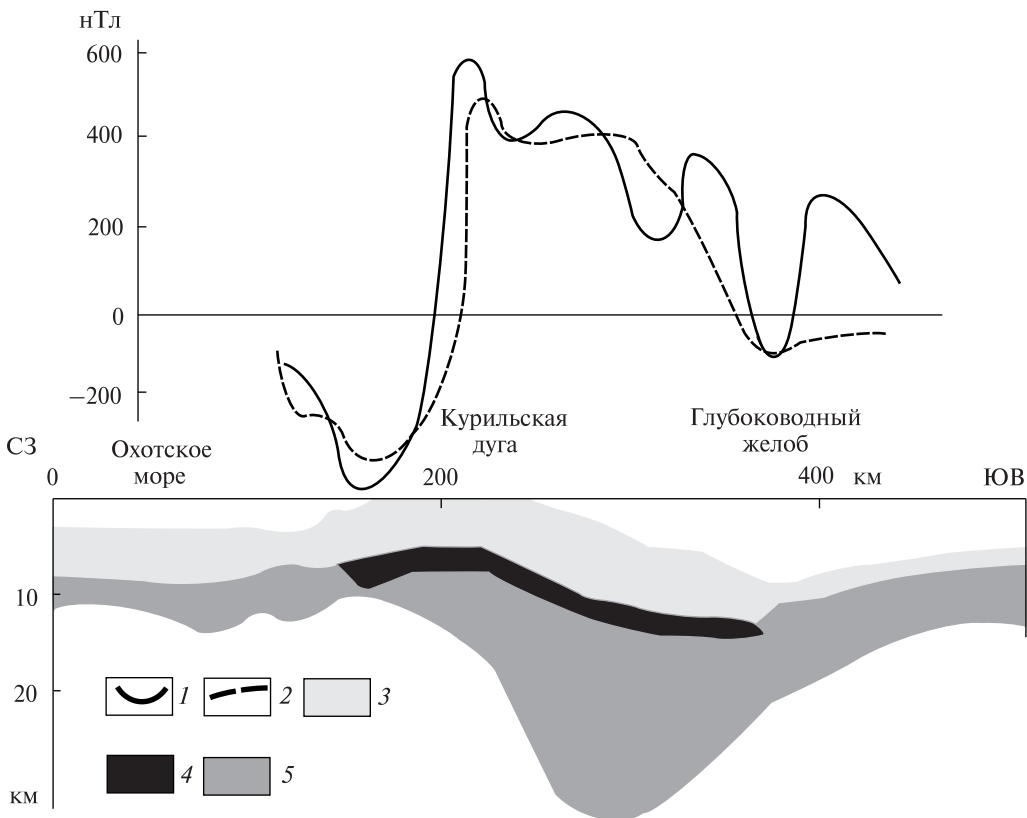


Рис. 21. Результат интерпретации Восточно-Курильской аномалии: 1 — наблюдаемое поле, 2 — эффект объекта высокой намагниченности (4) в верхней части «базальтового» слоя, 3 — осадочно-вулканогенный слой, 5 — «базальтовый» слой, под островной дугой ограниченный изотермой Кюри магнетита. Расположение профиля см. на рис. 4

В.В. Белоусову это неперменный атрибут переходной зоны [2]. Наиболее впечатляющим случаем такого объекта представляется источник, создающий «магнитную аномалию восточного побережья» [8, с. 99] Северной Америки, протягивающуюся на тысячи километров. На западном краю Тихого океана, на активной окраине Евразии интенсивные вытянутые вдоль внешнего края Курильской дуги магнитные аномалии достигают интенсивности 600 нТл (рис. 21).

Интерпретация аномалии, проведенная А.А. Андреевым [1], позволяет связать ее основную часть с образованием, сходным с обнаруженными под аномалией Восточного побережья Северной Америки. Перепад поля внутри аномалии

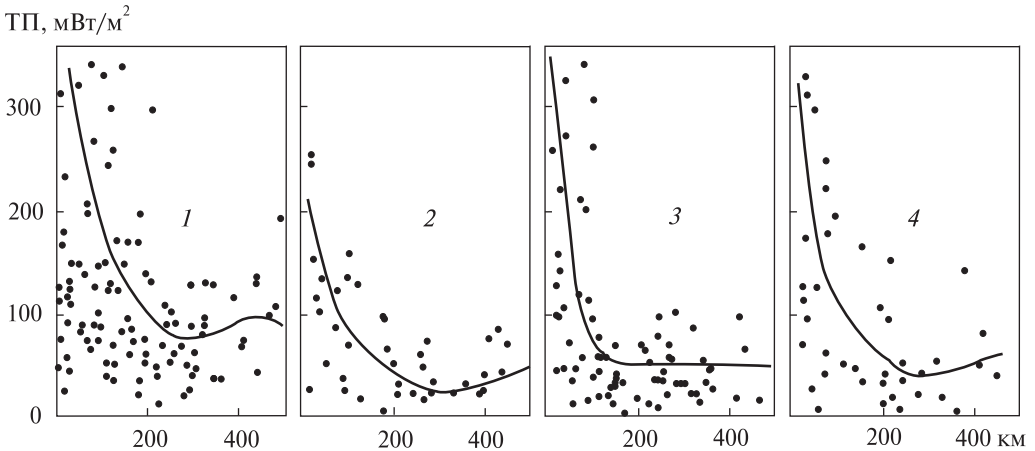


Рис. 22. Распределения теплового потока на склонах различных СОХ. Расстояния отсчитаны от осей хребтов [24, 45 и др.]. 1 — Восточно-Тихоокеанское поднятие, 2 — Западно-Индоокеанский хребет, 3 — Срединно-Атлантический хребет, 4 — южная часть САХ

превышает 200 нТл; вполне вероятно не только изменение намагниченности внутри источника, но и иная форма объекта, более близкая к дайке, предполагаемой под другими подобными возмущениями. На внешнем склоне желоба обнаруживается аномалия, не связанная с этим источником. Она непосредственно вписывается в структуру «мезозойских» ПА (см. рис. 4).

По существу, сходная ситуация складывается и в районе контакта СОХ и котловины. Эти части океана последовательно прошли океанизацию [3 и др.], оставившую в их тепловых полях след в виде разных уровней современного теплового потока. На контактах районов с разными вариантами развития остались фрагменты, мало затронутые боковым прогревом, сохранившие относительно низкий тепловой поток (ГП) (рис. 22).

Соответственно появляется возможность формирования источников аномалий в большем интервале глубин.

Заключение

Проведенный анализ имеющихся сведений о распространении полосовых и других аномалий магнитного поля в пределах океанов по мнению автора указывает на их непригодность на роль, отводимую им в гипотезе тектоники плит. Тем не менее, они продолжают считаться одной из основных опор ГТП. Для обоснования такой претензии используются часто ненаучные приемы. Применяются методы интерпретации экспериментальных данных, в которых априори включено представление о правильности ГТП. Игнорируется информация, которую невозможно истолковать в пригодном для гипотезы смысле. Трудно понять, что поддерживает сторонников ГТП в стремлении продлить жизнь давно дискредитировавшей себя модели образования и перемещения ПА.

Возможно, в какой-то степени это связано с трудностями формирования альтернативной точки зрения. Соответствующие предложения автора сводятся к следующему.

1. Земная кора океанов возникла в ходе преобразования континентальной коры, сходной с имеющейся во многих районах окраин материков, т.е. несколько сокращенной мощности (около 30 км) и повышенной основности. Процесс включал поднятие и денудацию верхнего (наиболее кислого) слоя коры, насыщение нижнего слоя основными и ультраосновными выплавками, экологитизацию части пород. В результате нижние 2/3 мощности коры стали по величинам V_p мало отличны от нагретой мантии. Важно подчеркнуть, что огромная площадь, охваченная преобразованиями, исключает вынос срезанного эрозией материала за ее пределы. Он остается в тектоносфере молодого океана, обеспечивая повышенную теплогенерацию его мантийных пород [69]. Для проработки деталей пока нет информации, не исключено, что реализуется схема, рассмотренная автором при анализе природы УНР-блоков [71].

2. Процесс океанизации сходен с рифтогенезом. Близкие по возрасту события («поднятие-раскалывание-вулканизм» по Клоосу [60]) распространяются по площади будущего океана, на склонах хребтов возникают трещины, простирающиеся параллельно оси рифта, заполняемые вторжениями базальтовых магм. При остывании они приобретают намагниченность, отвечающую составу, глубине и внешнему полю на момент достижения температуры Кюри на каждом этаже магнитоактивного слоя. В процессе низкотемпературных изменений магнитные свойства пород и результирующая намагниченность приобретают сложную природу. Серпентинизация и формирующиеся протрузии дополнительно усложняют картину.

3. В складывающейся ситуации нет смысла говорить о длительном сохранении знака аномалии в соответствии с моментом намагничения верхнего слоя коры. Экспериментальные данные в общем и не подтверждают магнитных датировок.

4. Принятые представления о природе магнитных аномалий вполне позволяют объяснить их типичные параметры и различия в этих параметрах для разных районов океанов. Хотя нельзя не отметить, что выбор наиболее вероятных моделей источников нельзя считать окончательным. Пока речь идет только о принципиальной схеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А.А. Аномальное магнитное поле. Тектоносфера Тихоокеанской окраины Азии. Ред. К.Ф. Сергеев, В.В. Гордиенко, М.Л. Красный. Владивосток: ДВО РАН, 1992. 238 с.
2. Белоусов В.В. Переходные зоны между континентами и океанами. Москва: Недра, 1982. 152 с.
3. Блюман Б.А. Выветривание базальтов и несогласия в коре океанов: возможные геодинамические следствия. *Региональная геология и металлогения*. 2008. № 35. С. 72—86.
4. Буалло Г. Геология окраин континентов. Москва: Мир, 1985. 155 с.
5. Варенцов Ив М., Голубев Н.Г., Гордиенко В.В., Соколова Е.Ю. Исследование глубинной геоэлектрической структуры вдоль профиля Линкольн Лайн (эксперимент EMSLAB). *Физика Земли*. 1996. № 4. С. 124—144.
6. Викулин А.В., Тверитинова Т.Ю. О скоростях движения тектонических плит. Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2004. С. 83—92.
7. Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т. IV. Структура и вещественный состав осадочного чехла северо-запада Тихого океана. Ред. К.Ф. Сергеев. Южно-Сахалинск: ИМГГ ДВО РАН, 1997. 178 с.
8. Геология континентальных окраин. Т. 2. Ред. К. Берк и Ч. Дрейк. Москва: Мир, 1978. 372 с.

9. Глубинное сейсмическое зондирование. Материалы МЦД. Данные по Тихому океану. Ред. И.П. Косминская, А.Г. Родников, Г.И. Семенова. Москва: МГК СССР, 1987. 103 с.
10. Говоров И.Н., Голубева Э.Д., Пушин И.К. и др. Петрологические провинции Тихого океана. Москва: Наука, 1996. 439 с.
11. Голубева Э.Д. Эволюция магматизма Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2009. 132 с.
12. Гордиенко В.В. Магнитные модели земной коры территории Украины. Киев: Знання, 2000. 91 с.
13. Гордиенко В.В. О гипотезе тектоники плит. *Геофиз. журнал*. 2013. № 6. С. 72—90.
14. Гордиенко В.В. Тепловые процессы, геодинамика, месторождения. 2017. 304 с. URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/6d9890_472adba2848246a9bfd80910e6848299.pdf?index=true
15. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Логвинов И.М., Тарасов В.Н., Усенко О.В. Украинский щит (геофизика, глубинные процессы). Киев: Корвін прес, 2005. 210 с.
16. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Логвинов И.М., Тарасов В.Н., Усенко О.В. Днепровско-Донецкая впадина (геофизика, глубинные процессы). Киев: Корвін прес, 2006. 142 с.
17. Гордиенко В.В., Гордиенко Л.Я. Скоростные модели верхней мантии континентальных и океанических рифтов. *Геофиз. журнал*. 2017. № 6. С. 20—40.
18. Гордин В.М. Избранные труды и воспоминания. Москва: ИФЗ РАН, 2007. 138 с.
19. Гордин В.М., Золотов И.Г. Моделирование магнитоактивного слоя океанической литосферы (Теоретические и методические аспекты). Москва: ИФЗ АН СССР, 1989. 181 с.
20. Гусев Е.А., Шкарубо С.И. Аномальное строение хребта Книповича. *Росс. журнал наук о Земле*. 2001. Т 3, № 2. С. 165—182.
21. Десимон А.И., Карасик А.М. Некоторые особенности морфологии и разрастания океанического дна на хребте Книповича в Северном Ледовитом океане. *Докл. АН СССР*. 1979. Т. 247, № 5. С. 1215—1220.
22. Добролюбова К.О. Морфоструктура хребта Книповича (Северный сегмент). Матер. Междунар. научн. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. Д.Г. Панова (8—11 июня 2009 г., Ростов-на-Дону). Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 96—99.
23. Карасик А.М., Десимон А.И., Позднякова Р.А. и др. Палеомагнитные аномалии мирового океана. Аномалии геомагнитного поля и глубинное строение земной коры. Киев: Наук. думка, 1981. С. 99—101.
24. Кеннет Дж. Морская геология. Т. 1. Москва: Мир, 1987. 397 с.
25. Королюк В.Н., Лепегин Г.Г., Корсаков А.В. Оценка термической истории метаморфических пород по обменно-диффузионной зональности в минералах. *Геология и геофизика*. 2004. № 4. С. 501—512.
26. Костицын Ю.А., Белоусова Е.А., Бортников Н.С., Зингер Т.Ф., Шарков Е.В. U-Pb возраст и изотопный состав Hf цирконов из интрузивных пород осевой зоны Срединно-Атлантического хребта — исследования методом LA-ICP-MS. Матер. школы «Щелочной магматизм Земли». Москва: ГЕОХИ РАН, 2008.
27. Кукал З. Скорость геологических процессов. Москва: Мир, 1987. 246 с.
28. Кунин Н.Я. Строение литосферы континентов и океанов. Москва: Недра, 1989. 288 с.
29. Лейбов М.Б., Мирлин Е.Г. Моделирование процесса формирования магнитоактивного слоя в основании срединно-океанических хребтов. *Физика Земли*. 1978. № 7. С. 54—62.
30. Литвин В.М. Морфоструктура дна океанов. Ленинград: Недра, 1987. 272 с.
31. Лобковский Л.И. Тектоника деформируемых литосферных плит и модель региональной геодинамики применительно к Арктике и Северо-Восточной Азии. *Геология и геофизика*. 2016. № 3. С. 476—495.
32. Ломтев В.Л. Новые данные по тектонике и магматизму СЗ Пацифики. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2008. № 4. С. 93—105.
33. Макаренко Г.Ф. Периодичность базальтов, биокризисы, структурная симметрия Земли. Москва: Геоинформмарк, 1997. 98 с.
34. Меркурьев С.А., Сочеванова Н.А. Асимметричность линейных магнитных аномалий и модель перескоков оси спрединга на примере хребта Карлсберг. Матер. сем. им. Д.Г. Успенского. Москва: ИФЗ РАН, 2000. С. 121—122.

35. Нгуен Т.К., Печерский Д.М. Серпентиниты как возможный источник линейных магнитных аномалий. *Физика Земли*. 1989. № 1. С. 61—67.
36. Печерский Д.М., Тихонов Л.В., Золотарев Б.П. Магнетизм базальтов Атлантики. *Физика Земли*. 1979. № 12. С. 25—33.
37. Печерский Д.М., Диденко А.Н., Лыков А.В., Тихонов Л.В. Петромагнетизм океанской литосферы. *Физика Земли*. 1993. № 12. С. 29—45.
38. Печерский Д.М., Геншафт Ю.С. Петромагнетизм континентальной земной коры: итоги XX века. *Физика Земли*. 2002. № 1. С. 4—36.
39. Погребницкий Ю.Е., Трухалев А.П. Проблема формирования Срединно-Атлантического хребта в связи с составом и возрастом пород его метаморфического комплекса. Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы. Москва: ОИФЗ РАН, 2002. С. 189—203.
40. Попов К.В., Щербаков В.П. Магнитные свойства серпентинитов, поднятых со дна океана. Петромагнитная модель литосферы. Киев: Наук. думка, 1994. С. 19—24.
41. Рудич Е.М., Удинцев Г.Б. О единстве принципов построения тектонической карты океанов и континентов. Сравнительная тектоника континентов и океанов. Москва: МГК СССР, 1987. С. 10—33.
42. Семенова Г.И. Структура земной коры Тихого океана. Сравнительная тектоника континентов и океанов. Москва: МГК СССР, 1987. С. 85—94.
43. Силантьев С.А., Левский Л.К., Аракелянц М.М., Лебедев В.А., Bougault H., Cannat M. Возраст магматических и метаморфических событий в САХ: интерпретация данных изотопного К-Аг датирования. *Росс. журнал наук о Земле*. 2000. Т. 2, № 3. С. 269—278.
44. Соколов С.Ю. Тектоническая эволюция хребта Книповича по данным аномального магнитного поля. *Докл. РАН*. 2011. Т. 437. № 3. С. 378—383.
45. Сорохтин О.Г. Глобальная эволюция Земли. Москва: Наука, 1974. 184 с.
46. Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря. Ред. К.Ф. Сергеев. Москва: Наука, 2006. 131 с.
47. Удинцев Г.Б. Рельеф и строение дна океана. Москва: Недра, 1987. 240 с.
48. Удинцев Г.Б., Куренцова Н.А., Пронина Н.В., Смирнова С.Б., Ушакова М.Г. Находки пород континентального типа и осадков аномального возраста на экваториальном сегменте Срединно-Атлантического хребта. *Докл. АН СССР*. 1990. Т. 213. № 2. С. 450—455.
49. Фролов В.Т., Фролова Т.И. Происхождение Тихого океана. Москва: МАКС Пресс, 2011. 52 с.
50. Хэсслер П., Лейт У., Волд Д., Филсон Дж., Вольф К., Эпплегейт Д. Прогресс в геофизике, начавшийся с Великого Аляскинского землетрясения 1964 года. *Геофиз. журнал*. 2014. № 5. С. 165—169.
51. Шейнманн Ю.М. Новая глобальная тектоника и действительность. *Бюлл. МОИП. Отд. Геол.* 1973. Т. 43, № 5. С. 5—28.
52. Шрейдер А.А. Геомагнитные исследования Индийского океана. Москва: Наука, 2001. 319 с.
53. Шулятин О.Г., Андреев А.И., Беляцкий Б.В. Возраст и этапность формирования магматических пород Срединно-Атлантического хребта по геологическим и радиологическим данным. *Региональная геология и металлогения*. 2012. № 50. С. 28—36.
54. Юркова Р.М., Воронин Б.И. Значение мантийной серпентинизации ультрабазитов для интерпретации геофизических данных. *Вестник Отделения наук о Земле РАН*. 2008. № 1(26). С. 1—7.
55. Юркова Р.М., Воронин Б.И. Геодинамика офиолитов в предостроводужных палеозонах Межд. конф. 5-е чтения Ю.П. Булашевича. Екатеринбург: УО РАН, 2009. С. 570—573.
56. Blackwell D., Richards M. Geothermal Map of North America. 1:6 500 000. AAPG. 2004.
57. Blakely R. The age-dependent two-layer model of marine magnetic anomalies. The Geophysics of the Pacific ocean basin and its margin. N.Y.: Amer. Geop. Un., 1976. P. 227—234.
58. Bonatti E. Serpentine protrusions in the oceanic crust. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1976. V. 32, Issue 2. P. 107—113.
59. Choi D. Ancient Micro-Continent Found under Indian ocean. Live Science. 2013. URL: <https://www.livescience.com/27422-ancient-microcontinent-found.html>.
60. Cloos H. Hebung — Spaltung — Vulcanismus. *Geol. Rundschau*. 1939. № 30. S. 401—519.

61. Continental Rifts: Evolution, Structure, Tectonics. Ed. K. Olsen. Amsterdam: Elsevier, 1995. 492 p.
62. Cox A., Blakely R., Phillips J. A two-layer model for marine magnetic anomalies. *EOS, Trans. AGU*. 1972. V. 53. P. 974.
63. Dickins J.M. The nature of the oceans or Gondwanaland, fact and fiction. Proceedings Symposium Gondwana nine. Rotterdam: Balkema, 1994. P. 387—396.
64. Dunlop D., Prevot M. Magnetic properties and opaque mineralogy of drilled submarine intrusive rocks. *Geoph. J. Roy. Astron. Soc.* 1982. V. 69. P. 763—802.
65. EMAG2: A 2-arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements S. Maus, U. Barckhausen et al. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2009. V. 10, Issue 8. <https://doi.org/10.1029/2009GC002471>.
66. Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism. Ed. D. Gubbins, E. Bervera. Springer, 2007. 1054 p.
67. Gapeev A. K., Gribov S.K., Dunlop D., Ozdemir O., Shcherbakov V.P. A direct comparison of the properties of CRM and VRM in the low-temperature oxidation of magnetite. *Geophys. J. Int.* 1991. V. 105. P. 407—418.
68. Geophysics of the Pacific Ocean Basin and Its Margin. Ed. G. Sutton, M. Manghnani, R. Moberly, E. Mcafee. AGU Monograph Series. V. 19. 1976. 480 p.
69. Gordienko V. Energy balance in the tectonosphere. *NCGT Journal*. 2015. № 3. P. 263—281.
70. Gordienko V. Deep-seated processes in the tectonosphere of continental rifts. *NCGT Journal*. 2016. № 3. P. 361—388.
71. Gordienko V. Deep-seated processes and diamond-bearing rocks. *NCGT Journal*. 2018. № 1. P. 4—20.
72. Gordienko V. Gold-bearing sulphide deposits associated with deep-seated processes. *NCGT Journal*. 2018. № 2. P. 254—270.
73. Hey R.N. A new class of pseudofaults and their bearing on plate tectonics: A propagating rift model. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1977. V. 37. P. 321—325.
74. Hilde T., Isezaki N., Wagenman J. Mesozoic sea-floor spreading in the north Pacific. The geophysics on the Pacific ocean basins and its margins. Ed. G. Sutton, M. Manphnani, R. Moberli Washington: AGU, 1976. P. 205—226.
75. Hildreth W. Quaternary magmatism in the Cascades — Geologic perspectives. US Geologic Survey. 2007. 125 p.
76. Johnson B. Viscous remanent magnetization for the Broken ridge satellite magnetic anomaly. *J. Res.* 1985. V. 90, B 3. P. 2640—2646.
77. Johnson H. Paleomagnetism of igneous rock samples. Rock Magnetic Properties of igneous rock samples — DSDP leg 45. 1979. URL: http://www.deepseadrilling.org/45/volume/dsdp45_15.pdf.
78. Johnson H., Merrill R. A direct test of the Vine-Matthews hypothesis. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1978. V. 40. P. 263—269.
79. Kent D., Honners B., Opdyke N., Fox P. Magnetic properties of dressed oceanic gabbros and the source of marine magnetic anomalies. *Geoph. J. Roy. Astron. Soc.* 1978. V. 55. P. 513—537.
80. Le Pichon X. Sea-floor spreading and continental drift. *JGR*. 1968. V. 73. P. 3661—3697.
81. Lowrie W. Intensity and direction of magnetization in oceanic basalts. *J. Geol. Soc.* 1977. V. 133. P. 61—82.
82. MacDonald K., Fox P. Overlapping spreading centres: new accretion geometry on the East Pacific rise. *Nature*. 1983. V. 301. P. 55—63.
83. Magnetic anomaly map of the world. 1 : 50 000 000. Com. Geol. Map World, Paris, France. Printed by the Geological Survey of Finland. J. Korhonen, J. Fairhead, M. Hamoudi et al., 2007.
84. Masterton S., Gubbins D., Müller R., Singh K. Forward modelling of oceanic lithospheric magnetization. *Geophys. J. Int.* 2013. V. 192. P. 951—962.
85. Matthews D., Bath J. Formation of magnetic anomaly pattern of Mid-Atlantic ridge. *Geoph. J. Roy. Astron. Soc.* 1967. V. 13. P. 349—357.
86. Morley L., Larochelle A. Paleomagnetism as a means of dating geological events. *Roy. Soc. Can. Srec. Publ.* 1964. V. 8. P. 512—521.
87. Müller R.D., Sdrolias M., Gaina C. and Roest W.R. Age spreading rates and spreading asymmetry of the world's ocean crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2008. V. 9, Iss. 4. doi: 10.1029/2007GC001743

88. Nakanishi M., Tamaki K., Kobayashi K. Mesozoic magnetic anomaly lineations and seafloor spreading history of the northwestern Pacific. *JGR Solid Earth*. 1989. V. 94, B 11. P. 15437—15462.
89. Olesen O., Gellein J., Habrekke H. et al. Magnetic Anomaly Map, Norway and adjacent ocean areas. Scale 1:3 million. Geological Survey of Norway, 1997.
90. Pariso J., Johnson Y. Do lower crustal rocks record reversals of the Earth's magnetic field? Magnetic petrology of oceanic gabbros from Ocean Drilling Program Hole 735B. doi: 10.1029/93JB00933
91. Pilot, J. Werner C., Haubrich F., Baumann N. Palaeozoic and Proterozoic zircons from the Mid-Atlantic Ridge. *Nature*. London. 1998. V. 393. P. 676—679.
92. Pitman W., Larson R., Herron E. Age of the ocean basins. Geol. Soc. Am., Map and Chart Series. MC-6. 1974.
93. Pribnow D., Kinoshita M., Stein C. Thermal Data Collection and Heat Flow Recalculations for Ocean Drilling Program Legs 101—180. 2010. URL: <http://www-odp.tamu.edu/publications/heatflow/>.
94. Raff A., Mason R. Magnetic survey off the West Coast of North America 40 N latitude to 52 N latitude. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 1961. V. 72. P. 1267—1270.
95. Raymond C., La Brecque J. Magnetization of the oceanic crust: Thermoremanent magnetization of chemical remanent magnetization? *JGR: Solid Earth*. 1987. V 92, B 8. P. 8077—8088.
96. Storetvedt K. World magnetic anomaly map and global tectonics. *NCGT Newsletter*. 2010. № 57. P. 27—53.
97. Storetvedt K. Our evolving planet: Earth history in new perspective. Bergen: Alma Mater, 1997. 456 p.
98. van Wagoner N., Johnson H. Magnetic properties of tree segments of the Mid-Atlantic ridge at 37 N: Famous, Narrowgate, and Amar. *J. Geoph. Res.* 1983. V. 88. P. 5065—5082.
99. Vine F., Matthews D. Magnetic anomalies over ocean ridges. *Nature*. 1963. V. 199. P. 947—949.
100. Vine F., Wilson T. Magnetic anomalies over a young oceanic ridge off Vancouver Islands. *Ibid.* 1965. V. 150. P. 485—489.
101. Watkins N. Comments on the interpretation of linear magnetic anomalies. *Pure Appl. Geophys.* 1968. V. 69. P. 179—192.
102. Watkins N., Richardson A. Comments on the relationship between magnetic anomalies, crustal spreading and continental drift. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1968. V. 4. P. 257—264.
103. Yano T., Choi D., Gavrilov A., Miyagi S., Vasiliev B.I. Ancient and continental rocks in the Atlantic Ocean. *NCGT Newsletter*. 2009. № 53. P. 4—37.

Статья поступила 11.10.2019

В.В. Гордієнко

ЗЕМНА КОРА ОКЕАНІВ І СМУГОВІ АНОМАЛІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Розглянуто приклади виділення та інтерпретації смугових аномалій магнітного поля океанів. Використано дані зі східної околиці Тихого океану уздовж більшої частини західного берегу Північної Америки та по хребту Кніповича на переході від Атлантичного океану до Арктичного. Показано їх невідповідність уявленню гіпотези тектоніки плит про глибинні процеси в тектоносфері цих регіонів. В обох випадках відсутні всі або численні ознаки, що вказують на спрединг океанічної кори. Обґрунтовано неможливість визначення віку океанічної кори за магнітними даними. Це стосується як ускладнених моделей походження джерел аномалій, так і отриманих результатів. Послідовність аномалій у північній частині Тихого океану вказує на рух плит уздовж глибоководного жолоба або від нього. На Серединно-Атлантичному хребті та поперечних розломах знайдені давні породи, докембрійські включно. Запропоновано модель земної кори океанів згідно адвекційно-поліморфній гіпотезі. Це — результат океанізації кори околиць континентів. Від типової континентальної вона відрізняється дещо скороченою потужністю і підвищеною базифікацією. Під час перебудови кора втратила верхню частину, нижня перетворена на коро-мантіїну суміш. Швидкість сейсмічних хвиль у її межах відповідає такому складу і температурам океанічних плит.

Проаналізовано дані з намагніченості порід різних шарів кори та її зміни з віком. Показана значна роль середньої та нижньої частин океанічної кори у створенні аномалій магнітного поля різних частин океанів. Побудовано моделі джерел магнітного поля, що відповідають різним частинам океанів. Вони дозволяють пояснити спостережені аномалії.

Зроблено припущення про природу магнітних аномалій на межах серединно-океанічних хребтів.

Ключові слова: *магнітне поле океанів, глибинні процеси, джерела аномалій.*

V.V. Gordienko

EARTH CRUST IN OCEANS AND STRIP ANOMALIES OF MAGNETIC FIELD

Examples of the isolation and interpretation of the strip anomalies of the magnetic field of the oceans are considered. Data were used on the eastern edge of the Pacific Ocean over most of the western coast of North America and on the Knipovich Ridge at the transition from the Atlantic Ocean to the Arctic. It is shown that they do not correspond to the ideas of the plate tectonics hypothesis about deep-seated processes in the tectonosphere of these regions. In both cases, all or many of the signs indicating spreading of the oceanic crust are absent. The impossibility of determining the age of the oceanic crust from magnetic data is substantiated. This applies both to complicated models of the origin of anomaly sources and to the results obtained. The sequence of anomalies in the North Pacific indicates plate movement along or away from the deep trench. Ancient rocks, including Precambrian rocks, were found on the Mid-Atlantic Ridge and secant faults. A model of the Earth's crust of the oceans is proposed according to the advection-polymorphic hypothesis. This is the result of the oceanization of the crust of the margins of the continents. It has a few reduced power and increased basicity. During the restructuring, the crust lost the upper part, the lower one was transformed into a crust-mantle mixture. The speed of seismic waves in it corresponds to such a composition and temperature of oceanic plates.

Data on the magnetization of rocks of different layers of the crust and its changes with age are analyzed. The significant role of the middle and lower parts of the oceanic crust in creating anomalies in the magnetic field of various parts of the oceans is shown. Models of magnetic field sources corresponding to different parts of the oceans are constructed. They explain the observed anomalies.

An assumption is made about the nature of magnetic anomalies on the outskirts of the mid-ocean ridges.

Keywords: *ocean magnetic field, deep-seated processes, sources of anomalies.*