

УДК 551.24(261/264)

ОБЗОР ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СТРОЕНИИ И РАЗВИТИИ Атлантического океана (до 1970 года)

© 1993 г. А. О. Мазарович

Геологический институт РАН, Москва

Поступила в редакцию 18.01.93 г.

Рассмотрена эволюция взглядов на строение и развитие Атлантического океана с середины XIX века до 1970 года. Установлено, что возникновение новых тектонических гипотез во многом зависит от уровня развития техники морских исследований, в частности от способов измерений глубин. Обзор содержит также сведения о формировании неомобилистских взглядов и краткий очерк экспедиционных работ разных стран, которые внесли существенный вклад в изучение тектоники Атлантики.

В XVI веке стало понятным, что земли, открытые 500 лет назад, во время путешествий Христофора Колумба, представляют собой континент, (названный в 1507 году Мартином Вальдзееемулером Америкой [10]), а огромное водное пространство, известное тогда как Западное море, между вновь открытым материком и Европой получило в 1650 году от Бернхарда Варениуса название Атлантический океан [25]. История его изучения исчисляется столетиями, однако в этом обзоре сконцентрируем внимание на развитии представлений о тектоническом строении дна Атлантического океана и его отдельных частей. В связи со спецификой поставленной задачи будут затрагиваться более общие вопросы теоретической тектоники, развитие которых играло существенную роль в исследованиях Атлантического океана. Сведения об истории развития геологии, тектоники, геоморфологии и географии Атлантики можно найти во многих работах [14, 15, 28, 34, 54].

Предлагаемый обзор преследует цель выявить закономерности в становлении тектонических представлений о природе Атлантического океана. Знания в этой области могут быть полезными при разработке стратегии исследований океанов тем более что Атлантика в течение десятков лет представляла собой полигон, на котором выдвигались, опровергались многие тектонические гипотезы: геосинклинальная теория, представления о трансформных разломах, перикратонных прогибах и т.д.

Основную часть обзора хотелось бы предварить следующими замечаниями. Как правило автор ссылался не на первоисточники, а на их переводы, стремясь ориентировать российского читателя на более доступные издания. В тех случаях, когда при переводе появлялась неоднозначность, в тексте приводились оригинальные термины из иностранных работ. Наконец, отсутствие соответствующих пояснений на некоторых иллюстрациях означает, что они отсутствуют в оригиналах.

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РЕЛЬЕФЕ И ТЕКТОНИКЕ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА ДО ВТОРОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

В 1852 году в акватории Атлантического океана начались работы, весьма далекие от тектонических гипотез, — промеры глубин, которые проводились тремя судами в связи с прокладкой трансатлантического телеграфного кабеля. В 1854 году лейтенант Мэтью Фонтейн Мори, возглавлявший Депо карт и приборов Военно-морского флота США (впоследствии Военно-морской океанографический офис), сообщил министру ВМФ, что дно океана между Ирландией и Ньюфаундлендом представляет собой подводное плато [52]. В 1855 году М. Мори составил первую батиметрическую карту Северной Атлантики, написал книгу "Физическая география океана", выдержавшую 22 издания, и стал иностранным членом-корреспондентом Петербургской Академии наук. В 1872 году начались обстоятельные исследования океана на судне "Челленджер" (1872 - 1876). На его борту работал английский океанограф Джон Меррей, данные которого послужили основой для создания (1885 г.) батиметрической карты Атлантического океана [10], на которой стали проступать контуры поднятия, протягивающегося с севера на юг примерно по середине океанского дна и известного ныне как Срединно-Атлантический хребет (САХ) (рис. 1).

"Дно Атлантического океана открывается состоящим из двух параллельных долин, имеющих в общем направление с севера на юг и разделенных на глубине 1660 - 1830 м широкой плоской возвышенностью, как бы плоскогорьем, на котором расположены почти исключительно вулканические острова. Этот подводный хребет распознан и прослежен довольно полно и подробно" [50]. Это географическое открытие стало привлекать в первой четверти XX века внимание геологов и положило начало длительной дискуссии о природе САХ, которая, кстати, не окончена и сегодня.

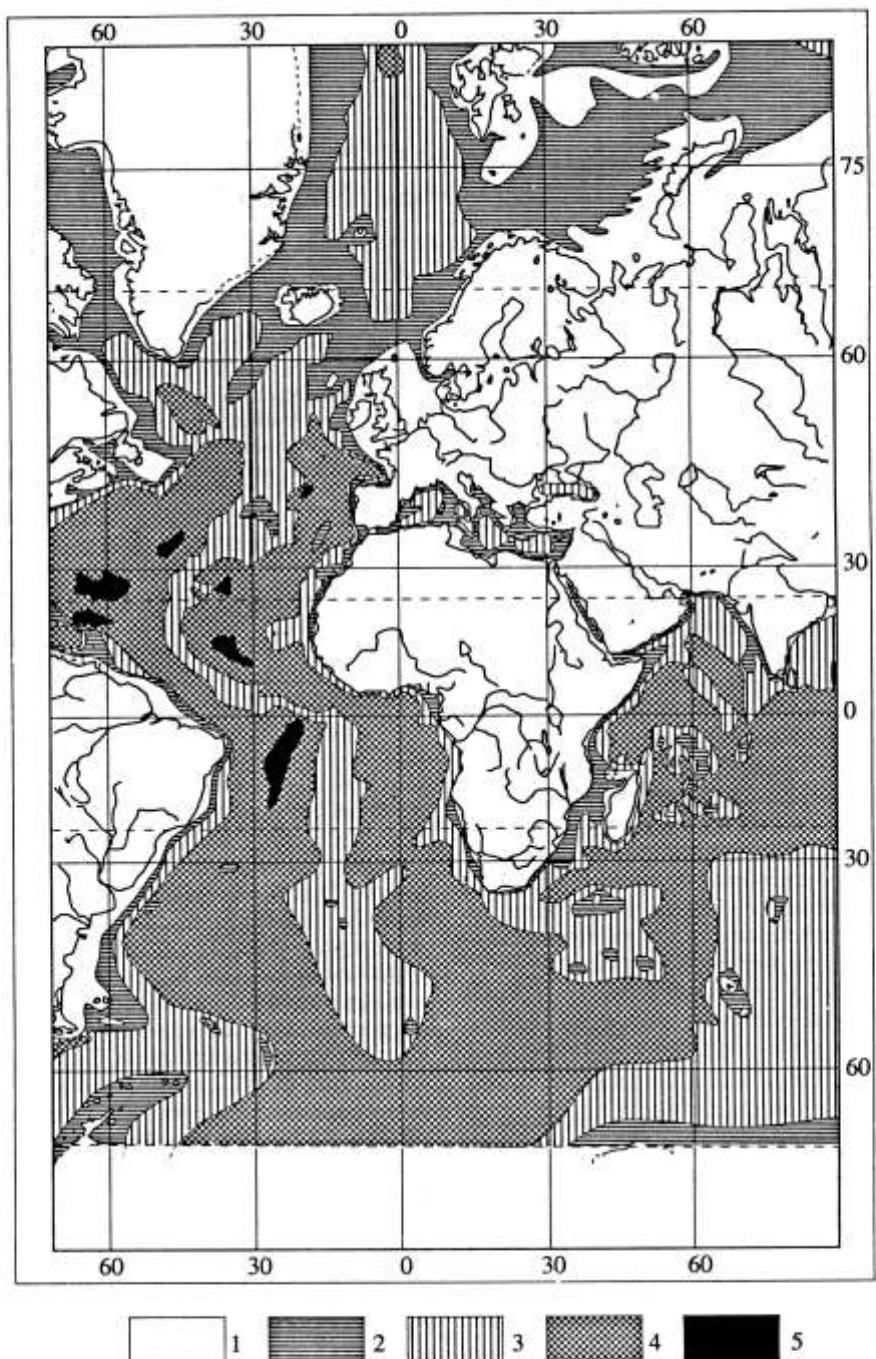


Рис. 1. Распределение океанических глубин, м (по Джону Меррею, А. Зупану и карте Принца Монакского [27]).
1 – 0 - 200, 2 – 200 - 2000, 3 – 2000 - 4000, 4 – 4000 - 6000, 5 – более 6000.

Первые обстоятельный рассуждения о природе рельефа Атлантического океана стали появляться позже. Профессор Парижского университета Эмиль Ог писал: "Атлантический океан можно... считать за громадную геосинклиналь в период ее раздвоения, причем осевая возвышенность этого океана соответствует геоантклинали" [27, с. 154].

В главе, посвященной орогеническим гипотезам, Э. Ог делает вывод, что впадина Атлантики с направлением, поперечным к складкам, является общей областью погружения для всех пересекающих ее складчатых зон. Она "превратилась теперь в геосинклиналь, и ее ось симметрии уже наметилась в виде срединной складки..." [27, с. 485].

Иная точка зрения отстаивалась сторонниками дрейфа материковых глыб (К. Андре, А. Вегенер). В частности, Альфред Вегенер писал о том, что Средне-Атлантический вал "представляет собой во всяком случае остаточный материал после разделения глыб. При этом можно предположить, что вместо единой трещины в этом месте возникло сетьобразное переплетение трещин, т.е. целая полоса обломков, большая часть которых погрузилась ниже уровня моря, т.к. подстилающий их субстрат растягивался и сплющивался" [6, с. 86]. При этом А. Вегенер подчеркивал, что природа вала "представляет собой явление, которому теория дрейфа должна найти объяснение" [6, с. 194].

Критически к идеям Э. Ога отнесся А.А. Борисяк в работе "Теория геосинклиналей": "На беду От, ища аналога геосинклиналии в современном рельефе земного шара, остановился между прочим на Атлантическом океане; надо сознаться, что более убийственный пример для теории дрейфа трудно было придумать..." [3, с. 6].

В связи с теорией А. Вегенера было бы несправедливым не упомянуть "прамобилистов", которых необычайное сходство берегов Северной и Южной Америк с Африкой и Европой не раз приводило к идее о том, что они некогда представляли единое целое: 1620 – барон Френсис Бэкон [52], 1658 – аббат Ф. Плассе (сочинение "Доказательства того, что перед всемирным потопом Америка не была отделена от других частей света") [39], 1877 – Е.В. Быханов (сочинение "Астрономические предрассудки" [6, 29]), 1910 – Ф. Тейлор (Bearing of the Tertiary mountain belt on the origin of the Earth's plan) [6].

Сторонником идей мобилизма был также приват-доцент Цюрихской высшей технической школы Рудольф Штауб. Он считал, что воззрения А. Вегенера революционны, однако "применяя основную идею Вегенера о смещении материков, мы пришли на основании более точного тектонического анализа строения Земли к совершенно иной картине движения Земли... Материки движутся от полюсов к экватору и от экватора к полюсам" [47, с. 254]. "Более точный анализ" заключался в прослеживании основных альпийских линий Земли, и в этих исследованиях немаловажную роль играло взаимоотношение Альпийских цепей с Новым Светом и их сопоставление с батиметрией Атлантического океана. Штауб пишет: "Северная Атлантика... скрывает в себе от острова Св. Павла и почти до края Телеграфного плато альпийские элементы. Оба больших бассейна Северной Атлантики оказываются альпийскими междурядьями величайшего масштаба" [47, с. 143], которые слагались по его мнению фрагментами герцинид Европы и Северной Америки, либо иными образованиями, входившими в структуру Гондваны или Лавразии (рис. 2).

Из вышесказанного следует, что к 20 годам нашего столетия определились основные направления в теоретической тектонике – мобилизм и

фиксизм, каждое из которых имело множество оттенков. Характерно, что идеи подвижности материков весьма неодинаково оценивались различными исследователями.

"Вегенер первый дал возможность по-настоящему вырваться на свободную дорогу великой идеи о полной подвижности материковых глыб в своей поистине революционной книге о происхождении материков и океанов. В последнее время к идеи континентальных сдвигов пришли, хотя и иными путями, Ампферер, Космат и Швирер... Арган и автор" [47].

"Штауб обрабатывает факты под стиль теории континентальных перемещений – теории, не выражающей законов геологической истории" [47, с. 17], – писал в предисловии к книге Р. Штауба Д.И. Вычурин. Он называет автора "теоретизирующим натуралистом" и подчеркивает, что "работа Штауба, как и большинство геотектонических построений ученых капиталистических стран, не воспитывает строгого научного отношения к фактам и исторического их понимания" [47, с. 18]. Для иллюстрации можно привести также рассуждения автора первого учебника по геотектонике СССР М.М. Тетяева [35], который не обсуждал специально вопросы тектоники Атлантического океана, однако с философских и весьма субъективных позиций оценивал работы А. Вегенера и некоторые общие вопросы тектоники океанов. Он считал, что развитие идей мобилизма было связано с возможностью посмотреть на особенности развития океанов и материков в неожиданном ракурсе и "казалось бы, что эта теория совершенно переворачивала все наши представления и вносила нечто новое в понимание геологических явлений... Вместе с тем появление этой новой теории представляет определенный шаг назад в отношении анализа и понимания структурных форм. Выступив против контракционной теории, она выкинула за борт установленные закономерности структурных форм, превратив их в простой хаос смятия по краям континентов" [35, с. 29].

Наряду с критикой, в ряде случаев справедливой, М.М. Тетяев призывал к глобальному изучению Земли. "И эту задачу мы, советские геологи, должны взять на себя, т.к. буржуазная геология в условиях своего метафизического мировоззрения не в силах справиться с такой задачей, требующей не только правильной методологии, но и дерзания и смелости, на которую способна только советская наука" [35, с. 348 - 349].

Тем не менее "буржуазная геология" стремительно накапливала в многочисленных экспедициях сведения о строении дна Атлантического океана. Данные, собранные германской экспедицией на научно-исследовательском судне "Метеор" (1925 - 1927), дополненные эхолотными промерами с судов различных типов, включая военные (крейсер "Эмден"), легли в основу новой батиметрической карты Атлантического океана (1 : 20000000, рис. 3, [65]). В результате работы

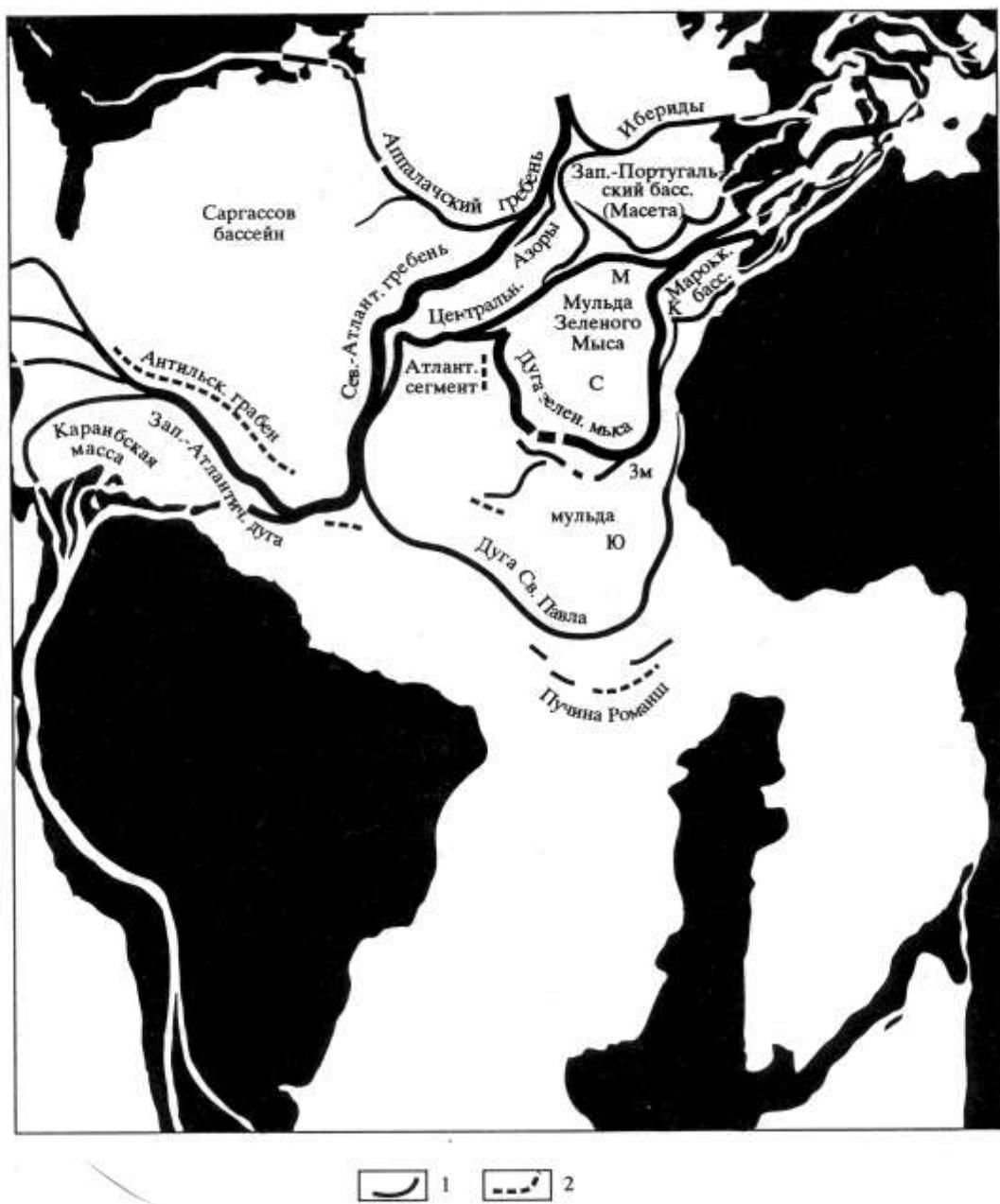


Рис. 2. Альпийские основные линии Атлантического океана, набросанные по картам морских глубин Р. Штаубом [47].
1 – кордилиеры, 2 – грабены.

над ней были типизированы основные формы рельефа, появился обширный список новых географических названий, составивших основу современной топонимики Атлантического океана. В объяснительной записке к карте океан был разделен на следующие геоморфологические провинции: а) шельф и континентальный склон, б) Атлантический океан, в) поперечные пороги 1-го и 2-го порядков, г) глубоководные впадины, д) глубоководные грабены [66]. Под последними пони-

мались как глубоководные желоба, сопряженные с островными дугами, так и впадина Романш. Несмотря на такое объединение авторы понимали, что это разные тектонические формы. Выделение многих поперечных порогов ("Querschwellen") основывалось на анализе распределения придонных вод и, следовательно, их существование является во многом гипотетическим. Под хребтами подразумевались крутые поднятия типа Китового, под порогами 1-го порядка – пологие поднятия (Рок-

кол, Канарский, Зеленого Мыса), 2-го порядка – платообразные образования (Сьерра-Леоне, Азоры, Рио-Гранде). Позже Г. Вюст отмечал, что Срединный хребет имеет сводообразную форму, а океан в целом характеризуется структурой "впадин и порогов" ("Becken-Schwellen-Struktur") [68]. Примечательно наблюдение, что в местах резкого изменения простирации Атлантического хребта находятся седловины горного хребта ("Einsattelung"), причем из карты следует, что южная совпадает с расположением разломов Романши, Чейн, более северная – Архангельского, Долдрамс и Вернадского (рис. 3). Среди многочисленных иллюстраций [68] приводился продольный профиль вдоль Атлантического хребта, на котором легко узнаются многие известные теперь трансформные разломы (например, Кейн, рис. 4).

В конце 30-х годов была опубликована монография профессора Московского университета А.Н. Мазаровича [22]. Он считал, что "Атлантический океан состоит из очень неоднородных участков. Северная его часть представляет собой опустившуюся и расколотую часть древней Канадской платформы и прилегающих каледонских складок. Центральная часть океана – остаток мезозойского Тетиса, увеличенный новейшими погружениями. Южная часть Атлантики представляет собою... растянутую часть платформы, позднее собранную в складки и затем, по-видимому, вновь погруженную под уровень океанических вод" [22, с. 406]. Касаясь вопроса о присутствии складчатых структур в Срединно-Атлантическом хребте, А.Н. Мазарович пришел к выводу о том, что "наличие мезозойских складок здесь возможно, как об этом говорит складчатая юра островов Зеленого Мыса и наличие мощных известняков нижнего мела" [22, с. 304]. В целом А.Н. Мазарович поддерживал идеи мобилизма, считая, что, не принимая явления подвижности материков, крайне трудно понять ряд фактов, о которых говорят историческая геология: "Нам нужно научиться, хотя это и очень трудно, представить наши геологические факты в постоянном процессе развития, перемещения, так как статическая точка зрения отжила свой век" [22, с. 411].

В конце 30-х – начале 40-х годов профессор Ганс Штилле рассматривал Атлантический океан как молодое образование, существовавшее с мелового времени и в значительной мере утратившее сиалический слой [48]. В строении дна океана он предлагал выделять "весьма разнородные по возрасту элементы" (с севера на юг): Скандин (парагеосинклинальное повторение большей части каледонской ортогеосинклинали Северной Европы); северную позднюю Атлантику (в пределах прошлого пространства Лаврентии); северную раннюю Атлантику (древнейшее звено, соединявшее средиземноморский и антильский Тетис); южную позднюю Атлантику (область прежнего материкового моста между Южной Америкой и Африкой); южную раннюю Атлантику.

"Северо-Атлантический срединный гребень" оценивался как молодое сооружение, при его возникновении "важную роль играли силы, вызвавшие подъем, носителями которых была подкововая магма, частично остававшаяся под областями подъема, но в большей мере получавшая возможность излияния по тем линиям разломов, которые представляли собой сложение элементов атлантической территории" [48, с. 259].

В это же время вышла в свет работа А. Дю Тойта, в которой приводились схемы сопоставления структур Северной Америки и Европы, а также Южной Америки и Африки [57]. Автор считал, что рельеф дна Атлантического океана свидетельствует о том, что это впадина-растяжение ("stretch basin"). Срединно-Атлантический хребет, по мнению Дю Тойта, вторичен и сформировался при подъеме легких дифференциатов, т.е. им поддерживались взгляды Ван Беммелена [53], высказанные в 1936 году на 16 сессии Международного геологического конгресса.

Работы на "Метеоре" оправдали надежды А. Вегенера на то, что они принесут много нового и помогут в объяснении батиметрии Атлантики [6, с. 194]. Появление обильного фактического материала стимулировало размышления о природе океанов и послужило поводом для проведения целого ряда научных симпозиумов и конференций (например, "Атлантическое заседание" во Франкфурте в январе 1939 года). "Доклады господ из Берлинского института океанографии, – говорилось в обсуждениях, – показали нам, что начинается новый период в знаниях о рельефе океанского дна" [63, с. 383].

Вместе с тем, в представлениях о структуре дна Атлантического океана в предвоенное время существенных изменений не произошло. Недостаток геологической информации о коренных породах океана, вернее ее отсутствие, вынуждал тектонистов использовать косвенные данные: сопоставление простираций горных сооружений, общие соображения в рамках геосинклинальной теории, данные о составе пород с океанических островов. В области геодинамики по-прежнему приводились аргументы в пользу контракционной гипотезы (например, [62]).

Однако именно в довоенный период сделаны крупные шаги в области картографирования дна Атлантического океана – очерчены контуры срединно-океанического хребта, всех котловин и отдельных поднятий. Сложились два направления в представлениях о тектонике Атлантики – взгляд на дно как на нечто особенное (выходы симы), не имеющее аналогов на континентах, и идеи о полной идентичности структур континентов и океана. Эти выводы получили развитие в двух геодинамических концепциях: мобилистической и фиксистской, которые сходились только в одном – дно Атлантического океана весьма гетерогенно с тектонической точки зрения.

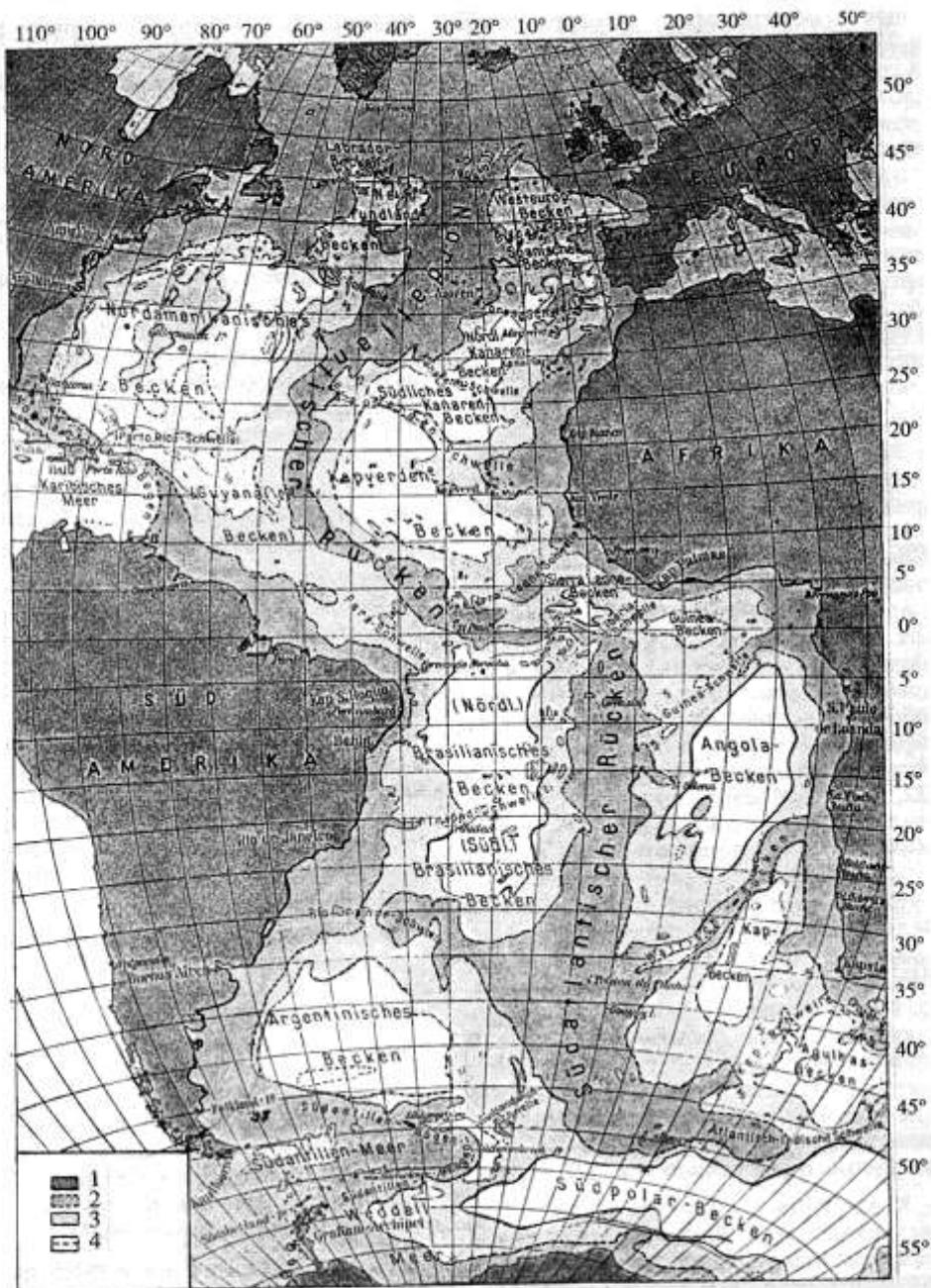


Рис. 3. Деление Атлантического океана [по 65]. Масштаб: 1 : 70 000 000.
1 – суши, 2 – 0 - 4000 м, 3 – 4000 - 5000 м, 4 – изобата 6000 м.

Наибольшее внимание исследователей довоенного времени привлекал САХ ("Средне-Атлантический вал" – по Вегенеру, "Срединный кряж" – по Огу, "Атлантический хребет" – по Стоксу и Бюсту, "продольный гребень Атлантического океана" – по Мазаровичу, "среднеатлантический порог" – по Кнечу). Он рассматривался в разных

качествах: остатки от разрушения древнего континента в месте его разрыва (А. Вегенер); молодое сводовое поднятие – складка или геоантклиналь (Э. Ог); опустившаяся ось палеозойского складчатого пояса (А. Кобер); структурный элемент, сформировавшийся в результате эпейрогенических движений или, как складчатая область, под-

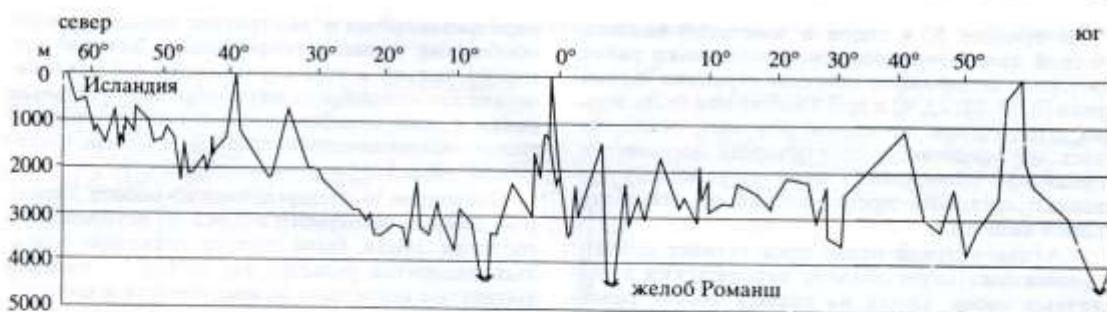


Рис. 4. Продольный профиль вершинной поверхности Атлантического хребта [по 66] с небольшими упрощениями.
Масштаб: горизонтальный – 1 : 92 600 000, вертикальный – 1 : 1 000 000.

нятая кислыми и более легкими дифференциациями (Ван Беммелен), горст (Р. Зондер [64]); первичная складка основания, не покрытого осадками (У. Бухер); складчатое сооружение (А.Н. Мазарович). Все исследователи соглашались, что САХ представляет собой подводную горную систему, в которой после экспедиций "Метеора" стали выделяться седловины и глубоководный грабен Романш. Абиссальные котловины привлекали значительно меньше внимания и рассматривались как альпийские междугорья [47], аналогичные Паннонскому массиву. Перед войной появилось представление [66], что единые бассейны к востоку и западу от хребта разделены поперечными порогами разных типов.

Таким образом, уже к концу 30-х годов полностью сложились основные парадигмы в теоретической тектонике Атлантического океана (фиксизм и мобилизм) и были выявлены основные объекты исследования.

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РЕЛЬЕФЕ И ТЕКТОНИКЕ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА ДО КОНЦА 50-Х ГОДОВ

После 2-ой мировой войны начали бурно разрабатываться и внедряться новые технические средства, позволившие резко ускорить изучение дна океана и повысить надежность аппарата [36]. Произошла замена тросового способа измерения глубин звуковыми методами и прежде всего на базе приборов фирм Англии, США и Германии. Значительно улучшились навигационные привязки, появились подводные фото- и телеустановки. В Атлантическом океане начали научные исследования вновь создаваемые океанологические центры США: Ламонтская геологическая обсерватория, Океанографический институт в Вудс Холле, Скриппсовский океанологический институт, а также различные подразделения ВМФ США. В восточной и северной частях Атлантики развернулись работы океанологов Англии, в меньшей степени – Германии, Франции и СССР, в котором в 1949 году был создан Инсти-

тут океанологии АН СССР. Все это позволило "рассматривать послевоенный период развития океанологии как этап, качественно отличающийся от предшествовавшего ему периода" [36, с. 27]. Вместе с тем, во взглядах на тектонику Атлантического океана существенных изменений не произошло, в чем легко убедиться.

В конце 40-х годов в советской литературе отмечалось присутствие "подводного высокого кряжа, простирающегося параллельно берегам океана" [49, с. 72], разделяющего его на две почти равные части. Обращалось внимание на существенно различающиеся типы островов и предлагалось разделять их на континентальные и талассохтонные (не имеющие связей с континентальной корой). По-прежнему считалось, что дно Атлантического океана образовано погруженными частями континентов, а в океанических владищах либо не происходит процессов горообразования, либо "Средне-Атлантический хребет" отражает начало орогенеза [5].

В 1947 году Ж.П. Роте была высказана идея, что САХ – это истинная западная граница европейско-африканского блока. "Западнее хребта Атлантический океан имеет такое же строение, как и Тихий, и слой симы не перекрывается здесь кислыми сиалическими или промежуточными по составу породами. Дрейф континентов в смысле, придаваемом этому термину Вегенером, происходит только между Америкой и Срединно-Атлантическим хребтом" [7, с. 428 - 429].

К началу 50-х годов продолжали развиваться две группы представлений об эволюции Атлантического океана. Согласно первой (ее отстаивали Неймаэйр, Зюсс, Армдт, Кайзер, Ог) под океанической водой скрыты те же части литосферы, что и на континентах, но расположенные на ином гипсометрическом уровне. Другая группа, представленная американской геологической школой (Шухерт, Грэбо), считала, что все океаны существовали изначально – теория перманентности океанов.

В течение 50-х годов в советской геологической литературе появилось несколько работ, которые затрагивали вопросы строения Атлантики [2, 18, 21, 23, 42 и др.]. Однако они были весьма ограничены по своим объемам, основывались на устаревших фактических материалах. Несколько приведенных ниже цитат вполне позволяют составить представление об отстаивавшихся тезисах.

"Атлантический океан представляет собой... геосинклинальную область, находящуюся в различных своих частях на разных этапах развития... В этой Атлантической геосинклиналии в верхнем мелу создалась меридиональная складчатая система, ныне вновь погруженная под уровень моря" [23, с. 107]. "Зафиксированы также землетрясения, приуроченные к Срединному Атлантическому гребню, причем зона сейсмичности в точности повторяет изгиб гребня и уходит на юг, постепенно замирая" [23, с. 102]. "Атлантический океан представляет образование сложное, отдельные части которого имеют различную геологическую историю, следует поэтому сначала провести анализ отдельных областей океана, а затем уже рассматривать имеющиеся представления о природе всего океана в целом" [23, с. 103]. В цитированной работе предлагалось выделять древние и вторичные океанические бассейны — океан-геосинклиналии, при этом Атлантика относилась ко второму типу.

В.А. Магницкий подчеркивал прерывистость поверхности Мохо в Атлантике, а дно океана разделял на "собственно океаническое дно", "глубоководные впадины" и "подводные валы и плато" [21]. Он обращал внимание на то, что ровность дна делает его сходным с платформами континентов, отмечая при этом, что "сходство это чисто внешнее" [21, с. 185]. Область подводных валов и плато является структурным элементом совсем иного типа. "Средне-Атлантический вал" представляет собой систему параллельных хребтов и долин, которые "являются тектоническими формами" [21, с. 186]. Отмечалось, что "поперечные провалы вала" также тектонического генезиса. В пределах хребта имеются участки, испытавшие крупноамплитудные вертикальные движения, вплоть до выхода из-под уровня моря, а сами области валов — это "или недоразвитые геосинклинальные области или участки океанского дна, которые начали переходить к геосинклинальному этапу развития" [21, с. 187].

В.В. Белоусов считал, что вдоль всего Атлантического океана протягивается геосинклиналь, которой соответствует подводный кряж [2]. Его строение определяется складчатыми и сбросовыми дислокациями. По мнению В.В. Белоусова, в котловинах продолжаются структуры прилегающих материков, но расположенные на более низком уровне, и следовательно в океанах можно выделять антеклизы и синеклизы. В.В. Белоусов неоднократно подчеркивал, что теория А. Вегенера фантастична и "построение тектонического обобщения в свете современных данных возможно только в том случае, если все тектонические движения будут подчинены вертикальным силам и если колебательные движения станут в наших представлениях главной формой тектогенеза" [2, с. 573].

В середине 50-х годов появилась работа, в которой, помимо обширного очерка по исторической геологии Земли, была сделана типизация основных элементов рельефа дна [18]: 1 — "линейно вытянутые подводные возвышенности и хребты", вершинные участки которых могут подниматься над уровнем океана в виде островов; 2 — "обширные подводные равнины"; 3 — "изолированные подводные возвышенности", "горы", "горные массивы", часто увенчанные вулканами; 4 — "линейно вытянутые глубоководные депрессии". Анализ строения океана привел Г.П. Леонова к выводу, что в пределах акваторий скрыты области основных очагов траппового магматизма: "Впадины Атлантического и Индийского океанов образовались на месте стабилизировавшихся участков земной коры в результате их разломов, погружений. Процесс этот сопровождался колоссальными излияниями основных лав, обширные покровы которых выстилают, вероятно, дно образовавшихся таким образом океанических впадин" [18, с. 353].

В самом конце 50-х годов Г.Б. Удинцев обращал внимание на широкое развитие подводных гор и подчеркивал [36], что главная особенность рельефа Атлантического океана — это горное сооружение Срединно-Атлантического хребта, в пределах которого можно выделить три морфологические зоны: центральную с глубоководным продольным желобом, террасовую (промежуточную) и внешнюю горную.

Идеи мобилизма в рассматриваемый промежуток времени рассматривались вяло. Например, С. Бубнов считал, что возникновение Атлантики "в результате взаимного разбегания Европы и Америки и другие специфические взгляды Вегенера встречают сегодня сильные и обоснованные сомнения" [55, с. 215].

СТАНОВЛЕНИЕ НЕОМОБИЛИЗМА И РАЗВИТИЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 60-е ГОДЫ

В 1959 году вышла в свет книга Б. Хейзена и его соавторов "Дно Атлантического океана", которая сопровождалась физиогеографической картой [41]. В этом обстоятельном исследовании обобщен огромный фактический материал: рассматривались все основные геоморфологические элементы дна океана и делались попытки объяснить их происхождение. САХ рассчитывался как часть "системы срединноокеанических хребтов Мирового океана" (СОХ). В монографии авторы приводят свое районирование хребта: "провинция гребня", "рифовая долина" (или несколько до-



Рис. 5. Геоморфологические провинции и строение земной коры по разрезу через Атлантический океан [по 41].

лин), "рифтовые горы", "высокое раздробленное плато", "провинции склонов" с верхней, средней и нижней ступенями, которые разделялись сериями наклонных сбросов или взбросов.

Рифтовая долина представлялась в виде глубокого ущелья или трещины, местами не устанавливавшаяся. Она обрамляется "рифтовыми горами", рассматривавшимися как "наклонные глыбы, сбросовые склоны, которые образуют рифтовую долину" [41, с. 117]. Горы граничат с высоким расщепленным плато по обеим сторонам хребта. Авторы полагали, что "рельеф САХ – результат нормального сбросообразования" [41, с. 131] и сравнивали его с африканскими рифтами (рис. 5).

Кроме САХ были рассмотрены многие элементы рельефа и за его пределами. Азорское плато представлялось раздробленным тектоническим поднятием, в пределах которого был незначительный вулканизм. Азоро-Гибралтарский хребет описывался как слаборазвитый срединно-океанический хребет типа САХ. Авторы подчеркивали [41], что абиссальные равнины были открыты только благодаря применению эхолотов-самописцев, и приводили описание абиссальных холмов, которые рассматривались ими как рельеф первичной поверхности, погребенной местами под осадками. Проанализировав все возможные варианты, авторы пришли к выводу, что для объяснения природы холмов нельзя отдать предпочтение ни вулканизму, ни складкообразованию, ни сбросовой тектонике.

Б. Хейзен и его соавторы поддержали представления Г. Хесса [43] о том, что поднятия в океанах – это результат серпентинизации верхней мантии, и идею братьев Юингов о том, что породы со скоростями 7,3 км/с это результат физической смеси пород океанической коры и верхней мантии. "Интенсивный вулканизм и интрузии в пределах САХ были причиной перемешивания пород коры и мантии и это было связано с конвекционными течениями в глубине мантии, которые поставляют большие количества базальтовой маг-

мы и порождают силы, растягивающие земную кору и верхнюю часть мантии" [41, с. 127 - 128].

Столь подробно нами рассмотренная работа, вместе с картой, стала базовой для многих последующих исследований, в которых предлагались те или иные модели геодинамического развития или строения земной коры Атлантического океана.

Попытки объяснить строение дна Мирового океана в целом и Атлантики в частности привели Р. Дица (Электронная лаборатория ВМФ США, Калифорния) в 1961 году к принципиально новым представлениям на развитие океанической литосферы: "Концепция, выдвигаемая нами – ее можно назвать теорией раздвигания океанического дна, или теорией спрединга, – является в значительной мере интуитивной; она возникла при попытках интерпретировать данные батиметрии океанического дна" [9, с. 26]. Эти выводы стали возможны после принятия автором новой модели строения земной коры, суть которой вытекала из самой концепции. Никаких попыток к ее обоснованию им не предпринималось. По мнению Р. Дица, океаническое дно представляет собой обнаженную мантию, слегка прикрытую тонким слоем осадков с примесью эффузивов. Принималось, что неровности рельефа являются показателем его молодости, а поэтому "почему бы не предположить, что абиссальные холмы были сформированы на ювенильном океаническом дне в результате чередования внедрения интрузий и экструзий, которые впоследствии переместились в стороны. Срединное положение хребтов не может быть случайным, а следовательно континенты контролируют систему конвекции. Итак, все предложенные до настоящего времени гипотезы... несостоятельны... Хотя идея о высокомобильном океаническом дне может показаться экстравагантной, она вряд ли является насилием над геологической историей" [9, с. 30].

В этой революционной работе были заложены основы современной геодинамики: понятие о литосферных плитах, сделана попытка интерпре-

что каждый блок коры обладает абсолютной жесткостью" [24, с. 69]. "В пределах же... любого... блока коры", как предполагает автор, "отсутствуют растягивающие усилия, инъекции крупных даск, утолщения коры или какие-либо иные нарушения, которые вызвали бы изменения расстояний между отдельными точками" [24, с. 70]. Кроме этого, для восстановления траекторий движений блоков предлагается довольно простой способ: "... по направлению даже одного трансформного разлома уже можно судить о направлении перемещения этих блоков... При этом следует учитывать разломы ... которые не согласуются с другими" [24, с. 70]. Подтверждая эти положения, В. Морган проанализировал строение экваториальной Атлантики и пришел к выводу, что все разломы должны лежать концентрично на малых окружностях вокруг полюса относительного движения.

В том же, 1968 году Кс. Ле Пишон опубликовал статью, в которой идеи Р. Дица, В. Моргана, Г. Хесса и других американских исследователей получают дальнейшее развитие [19]. Во-первых, неоднократно подчеркивается, что отсутствуют какие-либо сведения о деформациях или короблении крупных океанских блоков. В свете этого развитие Атлантики представляется следующим: "...если Атлантический океан раскрывается вдоль САХ, раскрытие это должно происходить таким образом, чтобы огромные тела горизонтально залегающих стратифицированных осадков этих бассейнов и континентальных окраин не подвергались деформации или короблению. Этот процесс не должен включать и коробление Африканского и Южно-Американского континентов... Движение происходит параллельно трансформным разломам" [19, с. 94]. Реконструируя этапы эволюции Атлантики, Ле Пишон приходит к выводу, что в палеогене САХ "как в северной, так и в южной частях этого океана образовался в результате спрединга, происходящего в течение кайнозоя, в то время как сами бассейны являются докайнозойскими структурами. Следовательно, аномалию N 31 следует искать на границе хребтов и бассейнов в северной части Атлантического океана" [19, с. 121].

Во-вторых, в цитированной работе много внимания уделялось методике палинспастических реконструкций и определению движения блоков относительно друг друга, которое базировалось на нескольких допущениях: Земля сферическая, длина ее радиуса не меняется, блоки и гребни хребтов мигрируют на поверхности Земли. В результате этих процедур поверхность планеты разделилась на шесть жестких блоков и это упрощение позволяло применить математический аппарат.

В том же, 1968 году, Б. Айзекс, Дж. Оливер и Л. Сайкс (Палмитская геофизическая обсерватория, Колумбийский университет) опубликовали крупное обобщение, в котором была выдвинута концепция "новой глобальной тектоники", объ-

единившая гипотезу А. Вегенера, спрединга и трансформных разломов [1]. Тектоника плит сейчас является практически общепринятой. Она вобрала в себя все наиболее остроумные разработки и базировалась на фактах о строении дна океана, известных к середине 60-х годов.

На фоне крупных прорывов в теоретической области происходило постоянное накопление фактического материала. Объем обзора не позволяет проанализировать результаты всех экспедиций. В связи с этим мы заострим внимание только на некоторых, помимо упомянутых, иностранных и советских экспедиционных работах, которые состоялись в 60-е годы.

В СССР лидирующее положение в геологических исследованиях Атлантического океана занимал Институт океанологии, включая его филиал в Калининграде. В приполярных районах Атлантики большое значение имели работы Арктического и Антарктического научно-исследовательского института и Полярного института рыбного хозяйства и океанографии. Например, данные, полученные во время рейсов судов "Севастополь", "Академик Книппович", "Тунец" (1955 - 1965), "Обь", "Лена" (1957 - 1958), позволили обосновать продолжение САХ в сторону полюса троем звеньями: Исландия - Ян Майен, хребты Мона и Книпповича [20]. Эти данные хорошо соответствовали также результатам норвежских экспедиций, проведенных на судах "Г.О. Старе", "Юхан Иорт" (1956 - 1960 г.).

В 1966 году, в результате обобщения эхолотовых промеров 1848 - 1962 годов, включая данные судов "Седов", "Экватор", "Крузенштерн", "Полюс", "Михаил Ломоносов", "Петр Лебедев", "Вима", "Кроунфорд", "Дана" и "Дискавери 2", Калининградским отделением ИОАН была составлена новая батиметрическая карта Северо-Западной Атлантики [8].

Чуть позже, в 1968 году, обобщены многочисленные данные, полученные немагнитным судом "Заря", которое начало свои исследования аномального магнитного поля в 1952 году. Был сделан вывод о трех существенно разных типах магнитных полей: над гребнем САХ, на его флангах и в котловинах, что интерпретировалось как свидетельство магнитной неоднородности пород океанического дна [13]. Работы в районе Исландии позволили предположить, что "... как Феррero-Исландский порог, так и Исландия с прилегающими участками дна имеют континентальную структуру" [17, с. 1052].

В более южных районах исследования, направленные на изучение тектоники, проводились менее интенсивно. В ноябре 1963 - январе 1964 годов Калининградским отделением ИОАН проведены первые советские сейсмические работы методом МОВ в районах Восточной Атлантики, которые показали, что здесь мощность осадков доходит до 1900 м [11].

что к середине 60-х годов были и полностью развернуты и начали широко применяться на практике все основные геолого-геофизические методы изучения дна океанов. Кроме этого были сформированы очертания современного научного флота, который включал в себя суда разных типов: геолого-геофизические, геофизические, буровые, обитаемые подводные аппараты и т.п.

* * *

Анализ советских журналов: "Океанология", "Геотектоника", "Известия АН СССР" и "Доклады АН СССР" (с 1961 г. по 1970 г.) показывает, что обсуждение идей спрединга или новой глобальной тектоники в литературе были скорее исключением, чем правилом. В той или иной мере они поддерживались в работах В.Е. Хайна [38], П.Н. Кропоткина [16] и некоторых других. По-прежнему широко были развиты взгляды прошлых десятилетий. В частности, Ю.М. Шейнманн, практически дословно повторяя свои взгляды, высказанные тремя годами ранее, писал: "... начальные стадии формирования складчатых поясов (еще до того как на их месте оформляются типичные геосинклинали) и современные океаны типа Атлантики суть одно и то же" [46, с. 35]. "Оксыны типа Атлантического являются лишь начальной стадией образования складчатого пояса" [45, с. 780], а формирование их завершилось базификацией коры, ее опусканием в юрское или раннемеловое время. Близкие точки зрения продолжали отстаиваться и на Западе, например в работах М. Обузна [26], считавшего САХ эвгео-антеклинальном поднятием.

Несколько обоснованными выглядят представления о развитии океанической коры, высказывавшиеся академиком А.В. Пейве, к которым он пришел через опыт изучения структуры континентальных областей в начале 60-х годов. Он считал, что океанские разломы представляют собой сверхглубинные образования, проникающие глубоко в мантию, а дно скеанов охвачено процессами тектонического дробления "на большие и малые глыбы и блоки, испытывающие большие взаимные перемещения" [30, с. 177]. Он подметил, что процессы деформации верхней части мантии и земной коры континентов имеют много сходного и "весь земной шар (континенты и океаны) характеризуется мозаично-глыбовой структурой, охватывающей как кору, так и верхнюю мантию Земли. Это деформации, возникшие в результате затраты колоссальной энергии перемещений блоков земной коры и мантии" [30, с. 178]. Однако А.В. Пейве считал, что суперперемещения материков в духе А. Вегенера не могут быть приняты безоговорочно. Развивая свои идеи, А.В. Пейве в 1967 году пришел к выводу, что "... система гигантских сдвигов в тонкой и хрупкой океанической коре САХ... связана с неравномерным, "струй-

чатым" пластичным тектоническим течением вещества в... астеносфере. Но так как астеносфера под континентами расположена в 2 - 3 раза глубже, чем под океанами, то скорости тектонического течения горных масс на одной и той же глубине увеличивают градиент скорости тектонического течения, вызвавшей дисгармонию структур океанов и континентов" [29, с. 276].

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ

Произведенный обзор показывает, что изучение тектонического строения океана имеет ряд специфических особенностей, которые отличают его от исследований на континентах.

Во-первых, дно океана представляет собой закрытый объект, изучение которого было возможно дистанционными методами или косвенным путем – через различного sorta моделирование или путем сравнения простираций крупных геоморфологических объектов с последующей экстраполяцией данных наземной геологии в океан. Особенно широко это направление развивалось до 60-х годов.

Эти обстоятельства приводят ко второй особенности – зависимость теоретических выводов от развития исследовательской техники и внедрения новой аппаратуры, что влечет за собой огромные финансовые затраты. Проиллюстрируем это примером.

В рассмотренный период времени почти все тектонические представления зависели (и сейчас зависят!) от понимания строения рельефа глубоководной части дна океана. Они, в свою очередь, находятся в прямой связи с точностью батиметрических карт, создание которых зависит от способов измерения глубин. С 1840 по 1970 год, от первого промера глубин Атлантического океана Дж. Росса до становления новой глобальной тектоники произошло три смены "аппаратуры": в 1870 году веревочный линь сменился металлическим тросом, в 1922 году появился эхолот, в 1935 – эхолот-самописец. Теперь сопоставим эти рубежи с появлением результатов.

В 1855 году была создана первая карта М. Мори, на которой было отмечено Телеграфное плато, в 1885 году на карте Д. Меррея был изображен Средне-Атлантический вал, который становится объектом пристального внимания тектонистов (Э. Ог, А. Вегенер, Р. Штаб и др.). В 1934 году создается карта Стокса и Бюста, на которой изображаются многие особенности строения Атлантики. Они подталкивают к созданию все большего количества тектонических моделей. Наконец, многолетние работы с применением новейших для того времени приборов привели в 1959 году к созданию физиографической карты Б. Хизена и его соавторов, которая подтолкнула к идеям конвекции, спрединга, а в конечном итоге – к новой глобальной тектонике.

Таким образом, внедрение новых типов техники происходило соответственно через 30 лет, 52 года, 17 и 45 лет. Внутри этих интервалов создавалось по 1 - 2 международно признанных карты с периодом создания около 25 лет. Продолжая этот ряд в наше время, отметим, что изобретение многолучевого эхолота (конец 70-х годов) знаменует новый этап. Сейчас мы находимся в стадии накопления информации, которая может быть обобщена где-то на рубеже 2000 года. Причем можно предполагать, что введение новой информации о строении таких объектов, как трансформные разломы, срединно-океанические хребты, может привести к созданию новых тектонических концепций.

Приведенный пример касался влияния картографирования поверхности дна океана, однако успешное развитие различных геофизических методов, а также внедрения новейшей геохимической аппаратуры и техники, позволяющей получать прямую тектоническую информацию (например, замеры простирации даск с подводных аппаратов) имеет огромное влияние на создание новых тектонических гипотез. Причем роль этих методов стала резко возрастать в первой половине 60-х годов.

Автор не мог охватить все многообразие работ, изданных на протяжении многих десятков лет, поэтому представляется, что ряд важных направлений не попал в поле зрения.

В заключение хотелось бы поблагодарить академика Ю.М. Пущаровского и старшего научного сотрудника ГИН РАН Г.В. Агапову за труд по прочтению статьи и конструктивную критику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзекс Б., Оливер Дж., Сайкс Л. Сейсмология и новая глобальная тектоника // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 133 - 179.
2. Белоусов В.В. Основные вопросы геотектоники. М.: ГНТИ литературы по геологии и охране недр, 1954. 606 с.
3. Борисяк А.А. Теория геосинклиналей // Изв. Геол. ком., 1924. Т. 43. № 1. С. 1 - 15.
4. Вайн Ф., Мэтьюз Д. Магнитные аномалии под океаническими хребтами // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 32 - 37.
5. Ван Беммелен Р.В. Геология Индонезии. М.: Изд-во иностр. литературы, 1957. 395 с.
6. Вегенер А. Происхождение континентов и океанов. Л.: Наука, 1984. 283 с.
7. Гогель Ж. Основы геотектоники. М.: Мир, 1969. 440 с.
8. Гребовский Н.А. Геоморфология дна в районе Большой Ньюфаундлендской банки // Океанология. 1966. Т. VI. Вып. 2. 1966. С. 285 - 293.
9. Диц Р. Эволюция континентов и океанических бассейнов как результат спрединга океанического дна // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 26 - 32.
10. Джеймс П., Мартин Дж. Все возможные миры. История географических идей. М.: Прогресс, 1988. 672 с.
11. Здоровенин В.В. Сейсмические исследования в Восточной Атлантике // Океанология. 1965. Т. V. Вып. 6. 1965. С. 999 - 1009.
12. Зенкевич Л.А. при участии Безрукова П.Л., Богорова В.Г., Бруевича С.В., Добровольского А.Д., Зенковича В.П., Корта В.Г., Лисицына А.П., Расса Т.С., Романова Ю.А., Самойленко В.С., Таубера Т.М., Удинцева Г.Б., Цурикова В.П. Научные основы десятилетней программы исследований Мирового океана // Океанология. 1968. Т. VIII. Вып. 5. С. 779 - 802.
13. Иванов М.М., Новый В.В., Фигнер Д.Л. Результаты и задачи советских исследований геомагнитного поля в Мировом океане // Океанология. 1968. Т. VIII. Вып. 3. С. 369 - 372.
14. Ильин А.В. Геоморфология дна Атлантического океана. М.: Наука, 1976. 231 с.
15. Кленова М.В., Лавров В.М. Геология Атлантического океана. М.: Наука, 1975. 450 с.
16. Кропоткин П.Н. О возрасте и происхождении океанов // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1968. Т. XLIII. Вып. 5. С. 23 - 38.
17. Котенков Б.Н. Морские геологические исследования в районе Исландии // Океанология. 1968. Т. VIII. Вып. 6. С. 1049 - 1052.
18. Леонов Г.П. Историческая геология. М.: Изд-во МГУ, 1956. 364 с.
19. Ле Пишон Кс. Спрединг океанического дна и дрейф континентов // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 93 - 132.
20. Литвин В.М. Геоморфология срединно-океанического хребта в Норвежском и Гренландском морях // Океанология. 1968. Т. VIII. Вып. 1. С. 86 - 94.
21. Магницкий В.А. Основы физики Земли. М.: Геодезиздат, 1953. 290 с.
22. Мазарович А.Н. Историческая геология. М.; Л.: ГОНТИ НКТП СССР, 1938. 463 с.
23. Мазарович А.Н. Основы региональной геологии материков. М.: Изд-во МГУ, 1952. Ч. II. 327 с.
24. Морган В. Океанические поднятия, глубоководные желоба, большие разломы и блоки земной коры // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 68 - 93.
25. Морской энциклопедический словарь. Т. I / Под ред. Дмитриева В.В. Л.: Судостроение, 1991. 504 с.
26. Обуэн Ж. Геосинклинали. Проблемы происхождения и развития. М.: Мир, 1967. 300 с.
27. Ог Э. Геология. Том I. Геологические явления. М.: Гос. издательство, 1922. 496 с.
28. Панов Д.Г. Морфология дна Мирового океана. М.; Л. Изд-во АН СССР, 1963. 227 с.
29. Пейве А.В. Тектоника и магматизм // Глубинные разломы и их роль в строении и развитии земной коры. М.: Наука, 1990. С. 173 - 190.
30. Пейве А.В. Разломы и тектонические движения // Глубинные разломы и их роль в строении и развитии земной коры. М.: Наука, 1990. С. 283 - 298.
31. Плошко В.В., Богданов Ю.А., Емельянов Е.М., Князева Д.Н., Солдатов А.В. Петрохимия гипербазитов глубоководной впадины Романш // Океанология. 1969. Т. IX. Вып. 5. С. 807 - 822.

32. Плошко В.В., Сидоренко Г.А., Князева Д.Н., Богданов Ю.А. Оливин, пироксен и плагиоклаз из гипербазитов впадины Романш Атлантического океана // Океанология. 1973. Т. XIII. Вып. 4. С. 625 - 631.
33. Равел Р., Зейболд Е., Уеда С., Удинцев Г.Б., Гирман Г., Переc Ж. Проблемы морской геологии в связи с использованием минеральных ресурсов Земли // Океанология. 1970. Т. X. Вып. 6. С. 215 - 240.
34. Резанов И.А. История геотектонических идей. М.: Наука 1987. 256 с.
35. Тетяев М.М. Основы геотектоники. М.; Л.: Гос. изд-во геол. лит-ры Комитета по делам геологии при СНК Союза ССР, 1941. 356 с.
36. Удинцев Г.Б. Исследования рельефа дна морей и океанов // Успехи в изучении океанических глубин (биология и геология). М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 27 - 90.
37. Уилсон Дж. Новый класс разломов и их отношение к континентальному дрейфу // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 58 - 67.
38. Хайн В.Е. Место процессов океанообразования в тектонической эволюции // Океанология. 1969. Т. IX. Вып. 5. С. 816 - 827.
39. Хайн В.Е. Геотектоника // История геологии. Раздел "Развитие точных методов в геологии (XX в.)". М.: Наука, 1973. С. 179 - 200.
40. Харин Г.С., Богданов Ю.А. Базальты глубоководной впадины Романш // Океанология. 1974. Т. XIV. Вып. 4. С. 677 - 681.
41. Хейзен Б., Тарн М., Юинг М. Дно Атлантического океана. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962. Ч. I. 145 с.
42. Херасков Н.П. Некоторые общие закономерности в строении и развитии земной коры // Тектоника и формации. М.: Наука, 1967. С. 246 - 355.
43. Хесс Г. Срединно-оceanические хребты и тектоника дна океана // Геология и геофизика морского дна. М.: Мир, 1969. С. 246 - 261.
44. Хесс Г. История океанических бассейнов // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С. 9 - 26.
45. Шейнманн Ю.М. Место Атлантического и Индийского океанов в формировании структур Земли // Докл. АН СССР, 1958. Т. 119, № 4. С. 778 - 781.
46. Шейнманн Ю.М. Значение океанов атлантического типа для развития структур Земли // Бюлл. МОИП. 1961. Т. 36. Вып. 2. С. 29 - 38.
47. Штауб Р. Механизм движения земной коры. Л.: ГЕОНТИ, 1938. 372 с.
48. Штилле Г. Избранные труды. М.: Мир, 1964. 820 с.
49. Эдельштейн Я.С. Основы геоморфологии. М.; Л.: Госгеолиздат, 1947. 399 с.
50. Энциклопедический словарь / Под ред. проф. Андреевского И.Е. Т. II. С.-Петербург: Семеновская типо-литография (И.А. Ефона), 1890. 479 с.
51. Van Andel T.H. Recent uplift of the Mid-Atlantic Ridge South of the Vema Fracture Zone // Earth. Planet. Sci. Lett. 1969. V. 7. No. 3. P. 228 - 230.
52. Bates C.C., Gaskell T.F., Rice R.B. Geophysics in the Affairs of Man. (A personalized history of Exploration Geophysics and its allied Sciences of Seismology and Oceanography). Oxford-Frankfurt: Pergamon Press, 1982. 405 p.
53. Bemmelen van R.W. Das Permanenzproblem nach der Undatiortheorie // Geol. Rdsch. 1939. Bd. 30. H. 1/2. S. 10 - 20.
54. Birch F.S. The Barracuda fault zone in the western North Atlantic: geological and geophysical studies // Deep-Sea Res. 1970. V. 17. No. 6. P. 847 - 859.
55. Bubnoff von S. Grundprobleme der Geologie. Berlin: Akademie Verlag, 1954. 234 S.
56. Collette B.J., Ewing J.J. et al. Sediment distribution in the Oceans: the Atlantic between 10 and 19 N // Mar. Geology. 1969. V. 7. No. 2. P. 279 - 345.
57. Du Toit A.L. The origin of the Atlantic-Arctic Ocean // Geol. Rdsch. 1939. Bd. 30. H. 1/2. S. 138 - 147.
58. Francis T.J.G. The detailed seismicity of Mid-Oceanic ridges // Earth. Planet. Sci. Lett. 1968. V. 4. No. 1. P. 39 - 46.
59. Heezen B.C., Bunce E.T., Hersey J.B., Tharp M. Chain and Romanche fracture zones // Deep-Sea Research. 1964. V. 11. No. 1. P. 11 - 33.
60. Heezen B.C., Gerard R.D., Tharp M. The Vema fracture zone in the equatorial Atlantic // J. geophys. Res. 1964. V. 69. No. 3. P. 733 - 730.
61. Melson W.G., van Andel T. Metamorphism in the Mid-Atlantic Ridge. 22 N latitude // Mar. geology. 1966. V. 13. No. 3. P. 165 - 185.
62. Nölke F. Zur Tektonik des Atlantischen Beckens // Geol. Rdsch. 1939. Bd. 30. H. 1/2. S. 21 - 27.
63. Pratje O. Aussprachen-Bemerkung zu den ozeanographischen Verträgen // Geol. Rdsch. 1939. Bd. 30. H. 3/4. S. 383.
64. Sonder R.A. Zur Tektonik des Atlantischen Ozeans // Geol. Rdsch. 1939. Bd. 30. H. 1/2. S. 28 - 51.
65. Stocks T., Wüst G. Atlantischen Ozean. Übersichtskarte der Tiefenverhältnisse im Maßstab 1 : 20 mill. Berlin; Leipzig: Verlag Walter der Grünster & Co., 1934.
66. Stocks T., Wüst G. Die Tiefenverhältnisse des offenen Atlantischen Ozeans // Wiss. d. Deutsch. Atlant. Exp. 3. 1935. Bd. 42. 47 S.
67. Wallrabe-Adams H.-J. Focus on Germany // InterRidge News. 1992. V. 1. No. 1. P. 10.
68. Wüst G. Die Grossgliederung des atlantischen Tiefsee-bodens // Geol. Rdsch. 1939. Bd. 30. H. 1/2. S. 132 - 137.

Рецензент: Ю.М. Пущаровский

A Review of the State of Knowledge on the Structure and Evolution of the Atlantic Ocean (up to 1970)

A. O. Mazarovich

The review centers on the evolution of views on the Atlantic Ocean's structure and history from the mid-1800s up to 1970. It is shown that new tectonic hypotheses emerged largely as a result of the upgraded level of marine technology, in particular depth gauging. The review also contains evidence on the evolution of neomobilism and a brief account of expeditions organized by various countries that contributed to the studies of the Atlantic tectonics.