

ГЛАВА 2. ИСТОКИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СТРОЕНИИ ДНА АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

В центральной области Атлантического океана проводили исследования сотни экспедиций один обзор работы которых мог бы составить предмет специального исторического исследования. Только советскими и российскими судами Академии Наук и Министерства геологии между 1956 и 1996 гг. было проведено не менее 70 океанографических и геолого-геофизических рейсов таких судов как “Академик Мстислав Келдыш” (рейсы – 1, 3, 13, 15, 16), “Михаил Ломоносов” (рейсы – 1, 8, 38, 49), “Академик Курчатов” (рейсы – 1, 3, 5, 6, 20, 24, 25, 30, 31, 40), “Профессор Штокман” (рейсы – 1, 2, 7, 9), “Академик Вернадский” (рейсы – 7, 25, 28, 29), “Академик Борис Петров” (рейсы – 12, 14, 16, 17), “Академик Николай Страхов” (рейсы – 1, 2, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 16, частично 18), а также “Дмитрий Менделеев” (рейс – 31), “Профессор Колесников”, “Витязь”, “Антарес”, “Геленджик”, “Профессор Логачев”, “Геолог Ферсман” и ряд других (таблица 3). Иностранные экспедиции проводились на судах “Чейн”, “Атлантис II”, “Крейфорд”, “Чарльз Дарвин”, “Жан Шарко”, “Надир”, “Аталант”, “Марсель ле Бриан”, “Роберт Конрад”, “Томас Вашингтон”, “Кейн”, “Пиллсбери”, “Вима”, “Вальдивия” и другие. С 1968 по 1993 гг. было проведено более 50 рейсов буровых судов “Гломар Челленджер” и “Джойдес Резолюшен”.

Результаты исследований, которые только в названии содержат слова “экваториальная Атлантика”, согласно базе данных по геологической литературе GeoRef, были опубликованы с тридцатых годов по март 1995 г. в не менее чем 500 работах. Они содержат сведения о коренных породах, палеоклиматологии, стратиграфии, палеонтологии, геофизике и геодинамике экваториальной Атлантики. Общий список опубликованной литературы по этому району, видимо, намного превышает тысячу наименований.

2.1. Представления XIX – 60-х гг. XX в. о тектонике Атлантики

Общие вопросы истории развития геологии, в том числе и тектоники, Атлантики, геоморфологии и географии можно найти в работах (Махачек, 1961; Ильин, 1976; Кленова, Лавров, 1975; Резанов, 1987; Oceanography..., 1980; Gorini, 1981; Bates et al., 1982 и

многих других). Подчеркнем, что ниже, в ряде случаев, цитируются не оригинальные работы иностранных специалистов, а опубликованные переводы. В значительной степени это связано со стремлением автора рекомендовать читателю в России более легко доступные источники.

Настоящий обзор ставит своей целью проследить истоки и закономерности становления основных представлений о тектоническом строении и истории развития Атлантического океана, которые возникли до 1970 г. Это время, как представляется, является важным рубежом на котором произошло становление современной тектонической концепции – тектоники плит. Представления о тектонике Атлантического океана в последующие годы будут в разной мере рассматриваться в последующих главах.

В середине XVI в. выяснилось, что земли открытые более 500 лет назад, во время путешествий Христофора Колумба, представляют собой континент, (названный, по недоразумению в 1507 г. Мартином Вальдземюллером, Америкой) (Джеймс, Мартин, 1988), а огромное водное пространство, известное как Западное море, между вновь открытым материком и Европой получило в 1650 г. от Бернхарда Варениуса (Морской..., 1991), название Атлантический океан. История его изучения исчисляется столетиями, однако мы не ставим своей задачей дать подробное и всестороннее описание географических открытий, процесса становления научной картографии и развития техники морских работ, попытавшись сконцентрировать внимание на развитии представлений о тектоническом строении дна Атлантического океана в целом и его отдельных частей. В связи со спецификой поставленной задачи, мы будем иногда затрагивать и более общие вопросы георетической тектоники, развитие которых играло существенную роль в исследованиях Атлантического океана. Общие вопросы истории развития геологии, в том числе и тектоники, Атлантики, геоморфологии и географии можно найти в работах (Кленова, Лавров, 1975; Резанов, 1987; Ильин, 1976; Удинцев, 1987; Bates et al., 1982).

В 1852 г. начались работы весьма далекие от тектонических гипотез – промеры глубин для прокладки трансатлантического телеграфного кабеля, которые про-

Таблица 3.

Краткие сведения о некоторых геолого-геофизических рейсах судов СССР и РФ в центральной части Атлантического океана

НИС	Номер рейса	Год	Район	Оборудование/методы
Академик Александр Карпинский	16	1993		МОВ
Академик Борис Петров	2	1985	рифт между разломами Зеленого Мыса и Марафон	МЭ, драги
Академик Борис Петров	12	1989	рифт между разломами Зеленого Мыса и Марафон, разлом Зеленого Мыса	МЭ, драги
Академик Борис Петров	14	1985	САХ	МЭ, драги
Академик Борис Петров	16	1990	разломы Хейес Петрова, хребты Барракуда, Ресерчер	МЭ, драги
Академик Борис Петров	17	1991	разломы Сан-Паулу, Романш, горы Дейвис, Жазер, острова Атлантики	МЭ, драги
Академик Вернадский	7	1973	район разлома Вернадского, Вима	Драги
Академик Вернадский	28	1984	разломы: Вернадского, Романш, Долдрамс, Вима Амазонский полигон, Поднятие Сьерра Леоне, Гвинейский полигон, гора Крылова, котловина Зеленого Мыса, Канарская котловина, банка Ампер, банка Жозефин	Драги, трубки
Академик Курчатов	1	1966	разлом Романш	Драги
Академик Курчатов	3	1968	Ангольская котловина и шельф	Дночерпатель
Академик Курчатов	5	1969	центральная часть	ГСЗ, ДС, сейсмические радиобуи первые в СССР автоматизированные гравиметры
Академик Курчатов	6	1969	хребет Пальмер, разломы Петрова, Атлантик, рифт между разломами Петрова и Атлантик	Драги
Академик Курчатов	20	1975	южная часть Китового хребта банка Бонапарта, разломы Кейн, Атлантик и рифтовая зона между ними, Северо-Американская и Канарская котловины	Драги
Академик Курчатов	24	1976	разлом Атлантик	Драги
Академик Курчатов	28	1979	центральная часть	
Академик Курчатов	30	1979	гора Ампер	
Академик Курчатов	37		Северо-Американская и Канарская котловины	Дночерпатель
Академик Курчатов	43	1985	Ангольская котловина, юг; Аргентинская котловина, море Скоша	
Академик Мстислав Келдыш	13	1987	центральная часть	тепловой поток
Академик Мстислав Келдыш	15	1987	разлом Кейн	ПОА "Мир"
Академик Мстислав Келдыш	16	1988	поднятие Горриндж	Драги
Академик Мстислав Келдыш	39	1996	Брокен Спур	ПОА "Мир", "Розетт"
Академик Николай Страхов	1	1985	районы гор Атлантик, Крылова	МЭ, НСП, драги, трубка, черпак, магнитометр, РОЗЕТТ, фото,
Академик Николай Страхов	2	1985	котловина Демерара	МЭ, НСП, драги, трубка, черпак, магнитометр, РОЗЕТТ, батометр
Академик Николай Страхов	3	1986	разлом Зеленого Мыса	МЭ, НСП, драги, трубка, черпак, магнитометр, МОВ ОГТ, РОЗЕТТ, фото,

МОВ – разные модификации многоканального сейсмопрофилирования методами отраженных волн; ГСЗ – глубинное сейсмозондирование, ДС – донные станции, ПОА – погружаемый пилотируемый аппарат; МЭ – многолучевое эхолотирование, НСП – непрерывное сейсмопрофилирование; МТЗ – магнитотеллурическое зондирование

Настоящая сводка составлена на основании опубликованных материалов и не может считаться полной, т.к. во многих случаях в источниках информации отсутствовали точные данные о видах работ, оборудовании и, нередко о всех районах исследований и номерах рейсов.

Таблица 3 (Окончание)

Академик Николай Страхов	6	1987	разлом Долдрамс	МЭ, НСП, драги, магнитометр, МОВ, ДС, фото, МТЗ
Академик Николай Страхов	7	1988	район разлома Страхова	МЭ, НСП, драги, трубка, магнитометр, фото
Академик Николай Страхов	9	1990	разломы Марафон, Меркурий. Долдрамс, Вернадского	МЭ, НСП, драги, магнитометр, ДС, фото
Академик Николай Страхов	11	1990	район разлома Страхова	МЭ, НСП, драги, трубка, магнитометр, гравиметрия, МОВ, ДС
Академик Николай Страхов	12	1991	разломы Сан-Паулу и Страхова	МЭ, НСП, драги, трубка, магнитометр
Академик Николай Страхов	13	1991	разлом Романш	МЭ, НСП, драги, трубка, магнитометр, МОВ
Академик Николай Страхов	15	1992	разлом Зеленого Мыса	МЭ, НСП, драги, трубка, магнитометр, МОВ
Академик Николай Страхов	16	1993	разлом Романш	МЭ, НСП, драги, трубка, магнитометр
Академик Николай Страхов	18	1994	разлом Романш; район о.Буве	МЭ, НСП, драги, магнитометр, гравиметрия, МОВ
Академик Николай Страхов	19	1998	разлом Вима	МЭ, НСП, драги трубка, магнитометр, МОВ
Антарес	9	1990	разлом Зеленого Мыса	Драги, трубки, тепловой поток, гидрохимия
Валерьян Албанов		1976	район о.Барбадос	
Витязь	2	1986	поднятие Горриндж	драги
Витязь	7	1984	г.Мир, г.Жозефин	
Витязь	10	1985	Атлантический океан	
Витязь	20	1991	Атлантический океан, Каньон Конго	Эхолот Elak Deso трубки, днотерпатель
Владимир Обручев		1975	Канаро-Багамский геотраверз (восток) Канарская котловина, запад САХ	НСП, МОВ
Геленджик	G96	1996	Разлом Романш и район о.Буве	Драги, МЭ - SIMRAD EM12
Геолог Ферсман	10	1991	центральная часть	батиметрия, магнитометрия
Геолог Ферсман	13	1993	САХ, разлом Зеленого Мыса – Кейн	батиметрия, гравиметрия, магнитометрия
Дмитрий Менделеев	31	1983	котловины Бразильская, Зеленого Мыса, Капская	
Заря	1	1956	Атлантический океан	магнитометрия
Иван Киреев	1	1978	Китовый хребет	НСП
Иван Киреев	2	1979	поднятие Сьерра-Леоне	НСП
Михаил Ломоносов	1	1957	центральная часть	Драги
Михаил Ломоносов	8	1960	центральная часть	Драги
Михаил Ломоносов	49	1987	центральная часть	Драги
Николай Коломийцев		1983	Анголо-Бразильский геотраверз	
Петр Лебедев		1969	Гвинейский залив	
Петр Лебедев		1970	Котловина Зеленого Мыса	
Профессор Колесников	13	1986	шельф Гвинеи	
Профессор Колесников	15	1987	шельф Гвинеи	
Профессор Колесников	20	1989	шельф Гвинеи	
Профессор Колесников	24	1989	шельф Гвинеи	НСП донные пробы гидровибробурение
Профессор Куренцов		1977	Канаро-Багамский геотраверз (восток)	МОВ
Профессор Куренцов		1978	Канаро-Багамский геотраверз (восток)	Гравиметрия
Профессор Куренцов		1978	Канаро-Багамский геотраверз (восток)	МОВ
Профессор Куренцов		1985	Атлантический океан, Анголо-Бразильский геотраверз район о.Св.Елены	Драги
Профессор Куренцов		1986	Анголо-Бразильский геотраверз	Драги
Профессор Штокман	1	1979	САХ	
Профессор Штокман	7	1982	поднятие Сьерра-Леоне, южная часть Китового хребта, разлом Риу-Гранди	Драги
Севморгеология	3	1990	САХ	
Сергей Вавилов		1969	Гвинейский залив	

водились тремя судами. Через два года лейтенант Мэтью Фонтейн Мори, возглавлявший в то время “Депю карт и приборов ВМФ США” (позже – “Военно–морской океанографический офис”), сообщил Министру Военно–морского флота о том, что дно океана между Ирландией и Ньюфаундлендом представляет собой подводное плато (Bates et al., 1982), названное впоследствии Телеграфным. По всей видимости упомянутые данные можно считать первыми сведениями о подводной возвышенности именуемой ныне как Срединно-Атлантический хребет. В 1855 году автор докладной записки составил первую батиметрическую карту Северной Атлантики, издал книгу “Физическая география океана”, выдержавшую 22 издания и стал иностранным член–корреспондентом Петербургской Академии Наук.

В 1872 г. начались обстоятельные исследования океана на судне “Челленджер” (1872–1876 гг.), на борту которого работал, помимо других специалистов, английский океанограф Джон Меррей. Данные рейса, дополненные некоторыми другими, послужили основой для создания (1885 г.) новой батиметрической карты Атлантического океана (Джеймс, Мартин, 1988), на которой стали проступать контуры поднятия, протягивающегося с севера на юг примерно по его середине (Срединно-Атлантический хребет). Во время рейса “Челленджера”, помимо важных гидрографических наблюдений, измерений глубин дна, была отобрана коллекция горных пород с океанических островов. Она обрабатывалась бельгийцем А.Ф. Ренардом (Alphonse Françoise Renard), который в 1882 г. опубликовал “Отчет о петрологии скал Св. Павла” (“Report on the Petrology of St. Paul Rocks”) (Houvenaghel, 1980), а затем, в 1888 г., и более расширенное описание всех коллекций.

В конце XIX в. общая подводная топография Атлантики представлялась следующим образом: “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” (Энциклопедический..., 1890). Это географическое открытие стало привлекать в первой четверти XX в. внимание геологов и положило начало длительной дискуссии о его природе, которая, кстати, не окончена на наш взгляд и сегодня. В конце XIX в. появились также сведения об активной подводной вулканической деятельности в пределах экваториальной части Атлантики. В частности, в 3-ем издании монографии профессора Иностранцева (Иностранцев, 1905) можно прочитать: “Подводные извержения в Атлантическом океане были замечены в 1835 и 1838 гг. в той его полосе, которая лежит между 20° и 22° з.д. и на пол–градуса к югу от экватора. Явления выхода паров воды и вулканического пепла перио-

дически наблюдались здесь с середины прошлого столетия, но неизвестно, сопровождалась ли эти явления образованием хотя бы и временных новых островов. Во всяком случае это место дна Атлантического океана представляет значительную вулканическую область” (там же, с. 181). Это место располагается в активной части разлома Романш, к слову сказать, в районе сужения трога.

По всей видимости одной из первых работ в области тектоники Атлантического океана можно считать дневник Ч. Дарвина (Дарвин, 1909), о путешествии на барке “Бигль” (1831–1836 гг.). Он отметил различие в происхождении островов, расположенных в пределах Атлантики и подчеркивал, что скалы Святого Павла имеют невулканическое происхождение и более того сделал следующее обобщение: “Замечательно, что маленькие острова, находящиеся на большом расстоянии от материка в ... Атлантическом и Индийском океанах, за исключением Сейшельских островов и небольшого скалистого острова Св. Павла состоят из вулканических пород. Вулканическая природа островов океана является, очевидно, распространением того же закона, в силу которого большинство ныне действующих вулканов расположено вблизи берегов моря или на островах вблизи его” (Дарвин, 1909, с.9). На основании наблюдений на острове Сантьягу Ч. Дарвин высказал также мысль, которая не потеряла своей актуальности и до настоящего времени, о чрезвычайно важной роли вертикальных движений в истории Островов Зеленого Мыса.

Во второй половине XIX в. началось изучение состава коренных пород и осадков дна Атлантического океана. Эти сведения собирались, как правило, попутно с различными океанографическими исследованиями. Например, в 1839 г. был основан Драгировочный комитет при Британской ассоциации развития Науки (The Dredging Committee of the British Association for the Advancement of Science) (Rice, Wilson, 1980). В первом же документе, который издал Комитет, предписывалось при драгировках проводить сборы не только организмов, но и коллекций грунтов. Однако подобные работы, естественно, нельзя признать за планомерные геологические исследования.

Обстоятельные, для того времени, рассуждения о природе рельефа Атлантического океана стали появляться только в начале XX в.. За теоретическую основу была взята геосинклиальная теория, которая приспособлялась к океаническим впадинам.

Эмиль Ог, профессор Парижского университета, писал: “Атлантический океан можно ... считать за громадную геосинклиаль в период ее раздвоения, причем осевая возвышенность этого океана соответствует геантиклинали” (Ог, 1922, с. 154). “Атлантический океан разделен по всей своей длине на два более или менее симметричных бассейна, восточный и западный. Срединный край служит фундаментом для островов Азор-

ских, Святого Павла, Вознесения...” (там же, с.36). В главе 29, посвященной орогеническим гипотезам Э.Ог делает вывод: “Громадная впадина с направлением поперечным к складкам, разделяет Старый и Новый Свет и является общей областью погружения для всех пересекающих ее складчатых зон. Эта впадина превратилась теперь в геосинклиналь, и ее ось симметрии уже наметилась в виде срединной складки...” (там же, с.485). Критически к идеям Э.Ога отнесся А.А.Борисяк в своей работе “Теория геосинклиналей”: “На беду Ог, ища аналога геосинклинали в современном рельефе земного шара, остановился между прочим, на Атлантическом океане, надо сознаться, что более убийственный пример для теории дрейфа трудно было придумать...” (Борисяк, 1924, с. 6).

Иную точку зрения высказывали сторонниками дрейфа материковых глыб (К.Андре, А.Вегенер). В частности, Альфред Вегенер, один из основоположников мобилизма, писал о том, что Средне-Атлантический вал “представляет собой во всяком случае остаточный материал после разделения глыб. Можно предположить, что вместо единой трещины в этом месте возникло сетчатое переплетение трещин, т.е. целая полоса обломков, большая часть которых погрузилась ниже уровня моря, т.к. подстилающий их субстрат растягивался и сплющивался” (Вегенер, 1984, стр.86). А.Вегенер подчеркивал, что природа вала “представляет собой явление, которому теория дрейфа должна найти объяснение” (там же, стр.194).

Хорошо известно, что у теории А.Вегенера были предшественники – “прамобилисты”, которых необычайное сходство берегов Северной и Южной Америки с Африкой и Европой не раз приводило к идее о том, что они представляли некогда единое целое: 1620 – барон Френсиз Бэкон (Betes et al., 1982), 1658 – аббат Ф.Плассе (сочинение “Доказательства того, что перед всемирным потоком Америка не была отделена от других частей света”) (Хаин, 1973), 1877 – Е.В.Быханов (сочинение “Астрономические предрассудки”) (Хаин, 1973; Вегенер, 1984 и др.), 1910 – Ф.Тейлор (“Bearing of the Tertiary mountain belt on the origin of the Earths plan”) (Вегенер, 1984).

Приват доцент цюрихской высшей технической школы Рудольф Штауб был также сторонником идей мобилизма и, если угодно, духовным последователем А. Вегенера. “Вегенер первый дал возможность по настоящему вырваться на свободную дорогу великой идее о полной подвижности материковых глыб в своей истине революционной книге о происхождении материков и океанов. В последнее время к идее континентальных сдвижек пришли, хотя и иными путями, Амперферер, Космат и Швинер ... Арган и автор” (Штауб, 1938, с. 254). Он, однако, оговаривался, что “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” (Штауб, 1938, 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. Далее он 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 междугорьями величайшего масштаба” (там же, с.143). По мнению Р. Штауба, последние слагались фрагментами герцинид Европы и Северной Америки, либо иными структурами входившими в структуру Гондваны или Лавразии.

Собственно говоря, уже к 20 гг. текущего века опеределилось два основных направления – мобилизм и фиксизм, каждое из которых имело множество оттенков. Характерно, что сторонники мобилизма не критиковали фиксистов, однако сами подвергались непрерывной критике с их стороны. “Штауб обрабатывает факты под стиль теории континентальных перемещений – теории не выражающей законов геологической истории” (там же, с.17) – писал в предисловии к книге Р.Штауба Д.И.Вычуриин. Он называет автора “теоретизирующим натуралистом” и подчеркивает, что “работа Штауба, как и большинство геотектонических построений ученых капиталистических стран, не воспринимает строгого научного отношения к фактам и исторического их понимания” (там же, с. 18). Здесь можно заметить, что примерно с начала тридцатых годов контакты геологов СССР с европейскими и американскими специалистами были в значительной мере затруднены, а затем и вовсе прекратились, и советская тектоника, в силу изолированности, начала развиваться в значительной мере самостоятельно. Последнее обстоятельство имело как свои положительные, так и резко отрицательные стороны. Как иллюстрацию к последнему замечанию можно привести рассуждения первого автора учебника по геотектонике в СССР – М.М.Тетяева (Тетяев, 1941). Он никогда не обсуждал вопросы тектоники Атлантического океана, однако с общих философских и, весьма субъективных позиций, оценивал работы А. Вегенера и некоторые стороны тектоники океанов в целом. 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 перестраивала все наши представления и вносила нечто новое в понимании геологических явлений ... Вместе с тем, появление этой новой теории представляет определенный шаг назад в отношении анализа и понимании структурных форм. Выступив против контракционной теории, она выкинула за борт всю выявленную закономерность структурных форм, превратив их в простой хаос смятия по краям континентов” (Тетяев, 1941,

с. 29). Заметим, что ситуация во многом напоминает, 70-е гг. XX в., когда идеи плитной тектоники начали проникать в СССР.

Наряду с критикой, и, как представляется в ряде случаев справедливой, М.М.Тетяев в форме, которая достойна полного цитирования, призывает к постановке задачи глобального изучения 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 способная только советская наука” (там же, с. 348–349).

Вместе с тем, “буржуазная геология” стремительно накапливала в многочисленных экспедициях фактический материал о строении дна Атлантического океана. Особое место, по – праву, принадлежит германской экспедиции на научно-исследовательском судне “Метеор” (1925–1927). Данные, собранные в ней и дополненные эхолотными промерами судов различных типов, включая военные (например: крейсер “Эмден”) легли в основу новой обзорной батиметрической карты Атлантического океана (1:20 млн.) (Stocks, Wüst, 1934), в результате работы над которой была создана новая классификация основных форм рельефа, появился обширный список новых географических названий, которые составляют основу современной топонимики Атлантического океана. Эти работы не только расширяли основы терминологии, заложенные в Первом издании ГЕБКО (1903 г.), но и придали им тектонический оттенок. В объяснительной записке к карте океан был разделен (Stocks, Wüst, 1935) 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, под которыми понимались как глубоководные желоба, сопряженные с островными дугами, так и впадина Романш. Однако, несмотря на такое объединение авторы четко понимали, что это разные тектонические формы. Относительно поперечных порогов (“Querschwellen”) указывалось, что выделение многих из них основано на анализе распределения придонных вод и, следовательно, их выделение является во многом гипотетическим. Под хребтами подразумевались крутые поднятия типа Китового хребта, под порогами 1-го порядка – пологие поднятия (пороги Роккол, Канарский, Зеленого Мыса и др.), 2-го порядка – платообразные образования (Сьерра-Леоне, Азоры, Рио Гранде и др.). Несколько позже Г.Вюст (Wüst, 1939) отмечал, что Срединный хребет имеет сводообразную форму, а океан в целом характеризуется структурой “впадин и порогов” (“Becken-Schwellen-Struktur”). Примечательно наблюдение, что в местах резкого изменения простирания Атлантического хребта находятся седловины горного хребта (“Einsattelung”), причем из карты следует, что южная совпадает с расположением

разломов Романш, Чейн, более северная – Архангельского, Долдрамс и Вернадского. Среди многочисленных иллюстраций приводился продольный профиль вдоль Атлантического хребта, на котором легко узнаются многие известные трансформные разломы (например: Кейн). Экспедиция фактически открыла эти структуры, вместе с тем, широтная ориентировка профилей судна не позволила сделать вывод о существовании субширотных депрессий. В целом работы на “Метеоре” оправдали надежды А.Вегенера о том, что они “принесут много нового и помогут в объяснении батиметрии Атлантики” (Вегенер, 1984, с.194).

Появление нового 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 г.). “Доклады господ из Берлинского института океанографии” – говорилось в обсуждениях – “показали нам, что начинается новый период в знаниях о рельефе океанского дна” (Pratje, 1939, с.383). Вместе с тем, в области представлений о структуре Атлантического океана в предвоенное время существенных изменений не произошло. Недостаток геологической информации о коренных породах океана, точнее ее отсутствие, вынуждало тектонистов использовать косвенные данные такие как сопоставление простираний 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: Nütke, 1939).

В конце 30-х гг. была опубликована монография профессора Московского Университета А.Н.Мазаровича, который считал, что “Атлантический океан состоит из очень неоднородных участков. Северная его часть представляет собой опустившуюся и расколовшуюся 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.” (Мазарович, 1938, с. 406). Касаясь возможности присутствия 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 (там же, с.304). В целом автор поддерживал идеи мобилизма, считая, что не принимая явлений подвижности материков крайне трудно понять ряд фактов, о которых говорит 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” (там же, с.411).

В конце 30-х – начале 40-х гг. профессор Ганс Штилле (Штилле, 1964) рассматривал Атлантический океан как молодое образование, существовавшее с мелового времени и в значительной мере утратившее сиалический слой. В строении океана он предлагал выделять “весьма разнородные по возрасту элементы” (Штилле, 1964, с.256) (с севера на юг): Скандик (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” рассматривался как молодое сооружение, при возникновении которого “важную роль играли силы, вызвавшие подъем, носителями которых была подкоровая магма, частично оставшаяся под областями подъема, но в большей мере получавшая возможность излияния по тем линиям разломов, которые представляли собой сложение элементов атлантической территории (там же, с.259).

В это же время вышла в свет работа (Du Toit, 1939), в которой приводились схемы сопоставления структур Северной Америки и Европы, а также Южной Америки и Африки. Автор считал, что рельеф дна Атлантического океана свидетельствует о том, что это впадина растяжения (“stretch basin”). Срединно-Атлантический хребет, по мнению Дю Тойта (Du Toit, 1939), вторичен и сформировался при подъеме легких дифференциатов, т.е. поддерживались взгляды Ван Беммелена, высказанные в 1936 г. на 16 сессии Международного геологического конгресса.

Вместе с тем, основные исследования в Атлантическом океане проводились в пределах островов. Они, как правило, имели или рекогносцировочный характер или касались отдельных стратиграфических и петрографических вопросов (например, Friedlander, 1913; Egmont, 1936). Мы не будем давать специальный обзор работ на Канарском архипелаге, острове Мадейра и других. Приведем в качестве примера, лишь некоторые работы на островах Зеленого Мыса. В 30-х гг. был описан на западе о. Маю разрез неокома (Stahlecker, 1935) и высказано представление о глубоководности (минимум 2000 м) карбонатных пород. В целом, к концу 30-х гг. были установлены существенные черты строения архипелага Островов Зеленого Мыса и выдвинуто предположение (Штауб, 1938), что он представляет собой фрагмент средиземноморских цепей, резко отклоненных внутренним северо-атлантическим массивом. Несколько позже Г.Штилле (1964) полагал, что в фундаменте островов можно видеть варисийские складки, аналогичные марокканским.

Приведенные выше работы показывают, что выводы о тектонике Атлантического океана базировались в основном на общих теоретических представлениях, вытекающих из опыта континентальной геологии. Практически полное отсутствие сведений о вещественном составе пород, неточность, а иногда ошибочность данных о рельефе дна привело к широкому внедрению сравнительно-морфологического метода, прямой экстраполяции линий рельефа материков в океаны и к появлению представлений весьма далеких от истины.

Вместе с тем, в довоенный период были сделаны крупные шаги в области картографирования дна Атлантического океана – были очерчены контуры срединно-океанического хребта, всех котловин и отдельных поднятий. Вполне определенно сложились два подхода в представлениях о тектонике Атлантики – взгляд на дно как на нечто особенное (выходы симы), не имеющего аналогов на континентах и выводы о полной идентичности структур континентов и океана. Эти представления получили развитие в двух геодинамических концепциях – мобилизме и фиксизме, которые объединялись только в одном – дно Атлантического океана, с тектонической точки зрения, весьма гетерогенно.

Наибольшее внимание исследователей довоенного времени привлекал САХ (“Срединно-Атлантический вал” – по Вегенеру, “Срединный кряж” – по Огу, Атлантический хребет – по Стоксу и Вюсту, “продольный гребень Атлантического океана” – по Мазаровичу, “среднеатлантический порог” – по Кнечу). Он рассматривался как остатки от разрушения древнего континента в месте его разрыва (А.Вегенер); молодое сводовое поднятие, складка или геоантиклиналь (Э.Ог); опустившаяся ось палеозойского складчатого пояса (А.Кобер); структурный элемент поднявшийся в результате эпейрогенических движений или как складчатая область, поднятая кислотными и более легкими дифференциатами (Ван Беммелен), горст (Р.Зондер); первичная складка основания, не покрытого осадками (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 меньшее внимание и рассматривались как альпийские междугорья (Р.Штауб), аналогичные Паннонскому массиву. Перед 2-ой Мировой войной (Stocks, Wüst, 1935) появилось представление (см. выше), что единые бассейны к востоку и западу от хребта разделены поперечными порогами разных типов.

До 2-ой Мировой войны начали бурно разрабатываться, а после нее и внедряться, новые технические средства, позволившие резко ускорить изучение дна океана и повысить их надежность (Удинцев, 1959). Произошла замена тросового способа измерения глубин акустическими методами, прежде всего на базе приборов фирм Англии, США и Германии. Значительно улуч-

шились навигационные привязки, стали появляться подводные фото- и телеустановки. В Атлантическом океане начали разворачивать научную работу вновь создаваемые океанологические центры США – Ламонтская геологическая обсерватория, Океанографический институт в Вудсхоле, а также различные подразделения ВМФ США. В восточной и северной частях Атлантики начались работы океанологов Англии, в меньшей степени Германии, Франции.

Аналогичные исследования начались проводиться и научно-исследовательскими судами СССР, в котором в конце 40-х – начале 50-х гг. были созданы ПИНРО, НИИГА, а затем и Институт океанологии. Все это позволило “рассматривать послевоенный период развития океанологии как этап качественно отличающийся от предшествовавшего его периода” (Удинцев, 1959, с.27). Вместе с тем, во взглядах на тектонику Атлантического океана существенных изменений не произошло. В конце 40-х гг. в советской литературе отмечалось присутствие “подводного высокого кряжа, простирающегося параллельно берегам океана” (Эдельштейн, 1947, с.72) и разделяющего его на две почти равные части. Обращалось внимание на различные типы островов и предлагалось разделять их на континентальные и талассохтонные – т.е. не имеющих никаких связей с континентальной корой. По-прежнему считалось (например – Веммелен, 1939), что дно Атлантического океана образовано погруженными частями континентов, а в океанических впадинах либо не происходит процессов горообразования, либо Средне-Атлантический хребет отражает начало орогенеза.

В 1947 г. французским сейсмологом Ж.–П.Роте (Rothe, 1947), 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” (Гогель, 1967, с.428–429). Этот же автор через девять лет на Геологическом конгрессе в Лондоне обратил внимание на приуроченность узкого непрерывного сейсмического пояса к гребню САХ.

В конце 50-х гг. Г.Менард (Menard, 1958) предпринял попытку классификации срединно-океанических хребтов. По его представлениям существует три типа хребтов: широкие сейсмически выраженные с вулканическими островами и гайотами (Восточно-Тихоокеанское поднятие), узкие крутосклонные также сейсмически выраженные с вулканическими горами и гайотами (САХ) и узкие крутосклонные неактивные (хребет Гуамоту).

К началу 50-х гг. продолжали развиваться два основных представления об эволюции Атлантического океана. Согласно первому, которое отстаивали Неймай-

ер, Зюсс, Армдт, Кайзер, Ог под океанической водой скрыты те же части литосферы, что известны и на континентах, но расположенные на ином гипсометрическом уровне. Американская геологическая школа (Шухерт, Грэбо) считала, что все океаны существовали изначально (теория перманентности океанов).

В течение 50-х гг. в советской геологической литературе появилось несколько работ, которые в той или иной степени затрагивали вопросы строения Атлантики, однако они были весьма ограничены по своему объему, основывались на устаревших литературных материалах и несколько нижеприведенных цитат позволяют составить представление об основных тезисах, которые выдвигались.

“Резко выраженный рельеф Атлантического хребта, с его подводными гребнями говорит нам о затопленной горной системе, либо о рельефе современного геосинклинального бассейна.... Зафиксированные землетрясения приурочены к Срединно-Атлантическому гребню, причем зона сейсмичности в точности повторяет изгиб гребня и уходит на юг, постепенно затухая” (Мазарович, 1952, с.102). “Атлантический океан представляет образование сложное, отдельные части которого имеют различную геологическую историю, следует поэтому сначала провести анализ отдельных областей океана, а затем уж рассматривать имеющиеся представления о природе всего океана в целом” (там же, с.102). В цитированной работе предлагалось выделять древние и вторичные океанические бассейны (океан-геосинклинали). Атлантика относилась ко второму типу.

В.А.Магницкий (1953) подчеркивал прерывистость поверхности Мохо в Атлантике, а дно океана по характеру рельефа разделял на “собственно океаническое дно”, “глубоководные впадины” и “подводные валы и плато” Он обращал внимание на то, что ровность дна делает его сходным с платформами континентов, однако отмечал, что “сходство это чисто внешнее” (Магницкий, 1953, 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. Отмечалось, что “поперечные провалы вала” также имеют тектонический генезис. В пределах хребта имеются участки, испытывавшие 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” (там же, с.187).

В.В.Белоусов (Белоусов, 1953) считал, что вдоль всего Атлантического океана протягивается геосинклиналь, которой соответствует подводный кряж, строение которого определяется складчатыми и сбросовыми дислокациями. По его мнению в котловинах продолжают структуры прилегающих материков, однако распо-

ложенные на более низком уровне и, соответственно, в океанах можно выделять антеклизы и синеклизы. В.В.Белоусов подчеркивал, что теория А.Вегенера фантастична и, что “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 (Белоусов, 1953, с. 573).

В середине 50-х гг. появилась работа (Леонов, 1956), в которой, помимо обширного очерка по исторической геологии Земли, была сделана попытка классификации основных элементов рельефа дна. Предлагалось выделять: 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 и 4 – океанические впадины – “линейно вытянутые глубоководные депрессии”. Анализ истории океана привел Г.П.Леонova к выводу о том, что в пределах акваторий скрыты области основных очагов траппового магматизма. “Впадины Атлантического и Индийского океана 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” (Леонов, 1956, с. 353).

В конце 50-х гг. Г.Б.Удинцев подчеркивал, что главная особенность Атлантического океана – это горное сооружение Срединно-Атлантического хребта, в пределах которого можно выделить три морфологические зоны: центральную с глубоководным продольным желобом, террасовую или промежуточную и внешнюю горную. Он же обращал внимание на широкое развитие подводных гор.

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 встречаются сегодня сильные и обоснованные сомнения” (Bubnoff, 1954, с. 215).

Необходимо подчеркнуть, что параллельно с развитием морских работ с разной степенью интенсивности развивались работы и на островах Атлантического океана. Например в конце 40-х – начале 50-х гг. проводились отдельные исследования на острове Зеленого Мыса (о-ва Сан-Николау, Маю, Сантьягу).

В 1959 году вышла в свет книга “Дно Атлантического океана” (Хейзен и др., 1962), которая сопровождалась физиогеографической картой. Это обстоятельное исследование обобщило огромный фактический материал. В книге рассматривались все основные геоморфологические элементы дна океана и делались попыт-

ки объяснить их происхождение. САХ рассматривался как часть “системы среднеокеанических хребтов Мирового океана”. Ранее САХ подразделялся (Tolstoy, Ewing, 1949) на “центральный хребет” или “главную цепь” (глубина менее 1600 саженей) и “краевые” или “террасированные” зоны (1600–2500 саж). В монографии авторы приводят новое районирование хребта: “провинция гребня”, “рифтовая долина” (или несколько долин), “рифтовые горы”, “высокое раздробленное плато”, “провинции склонов” с тремя ступенями (верхняя, средняя и нижняя, которые разделялись сериями наклонных сбросов или взбросов).

Рифтовая долина представлялось в виде глубокого ущелья или трещины, которая в некоторых местах не устанавливается. Она обрамляется “рифтовыми горами”, которые рассматривались как “наклонные глыбы, сбросовые склоны, которые образуют рифтовую долину” (там же, с.117). Горы граничат с высоким расчлененным плато по обеим сторонам хребта. Авторы полагают, что “рельеф САХ – результат нормального сбросообразования (там же, с.131) и сравнивали его с африканскими рифтами. Кроме САХ были описаны многие элементы рельефа и за его пределами. Азорское плато представлялось раздробленным тектоническим поднятием, в пределах которого был незначительный вулканизм. Азоро-Гибралтарский хребет описывался как слабо развитый срединно-океанический хребет типа САХ. Указав, что абиссальные равнины были открыты, благодаря применению эхолотов–самописцев, авторы приводят описание этих форм рельефа и выделяют области развития абиссальных холмов, которые рассматриваются как рельеф первичной поверхности, погребенной местами под ними. Проанализировав все возможные варианты, авторы пришли к выводу о том, что на тот момент нельзя отдать предпочтение ни вулканизму, ни складкообразованию, ни сбросовой тектонике.

В работе давалось также описание “подводной горной цепи” Атлантик–Круизер – Большая банка Метеор, группы подводных гор Муир, плато Островов Зеленого Мыса, которое представлялось как группа вулканических построек, сомкнувшихся своими основаниями в пределах материкового подножья. Авторы поддержали представления Г. Хесса (Hess, 1954), что поднятия в океанах – это результат серпентинизации верхней мантии и идею братьев Юингов о том, что установленные скорости 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, что это было связано с конвекционными течениями в глубине мантии, которые поставляют большие количества базальтовой магмы и порождают силы, растягивающие земную кору и верхнюю часть мантии” (Хейзен и др., 1962, с.127–128).

Столь подробно рассмотренная работа, вместе с картой, стала базовой для многих последующих иссле-

дований, в которых предлагались те или иные модели геодинамики или строения земной коры Атлантического океана.

2.2. Представления о тектонике Атлантики 60-е – 70-е гг. XX в.

Попытки объяснить строение дна Мирового океана в целом и Атлантики в частности привели Р.Дица (Электронная Лаборатория ВМФ США, Калифорния) в 1961 г. к принципиально новым представлениям о развитии 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” (Диц, 1974, с.26). Эти выводы стали возможны после принятия новой модели строения земной коры, которая вытекала из самой концепции и никаких попыток к ее обоснованию 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 предложить, 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 высококомбинированном океаническом дне может показаться экстравагантной, она вряд ли явится насилием над геологической историей” (там же, с.30). В целом, в этой революционной работе были разработаны основы современной геодинамики: понятие о плитах, сделана попытка интерпретации магнитных аномалий как отражение напряжений перпендикулярных движению конвекционного потока, высказана идея о трехслойном строении коры под океанами, рекомендованы к широкому употреблению такие термины как “астеносфера” и “литосфера”, введены такие понятия как атлантический и тихоокеанский типы окраин и некоторые другие идеи. Практически все эти направления интенсивно разрабатываются до настоящего времени.

В 1962 г. Г.Хесс (Принстонский университет, Нью-Джерси) подробно рассмотрел возможность существования конвекционных ячеек и геодинамические следствия из этого. Автор считал, что под срединно-океаническими хребтами (СОХ) существуют восходящие ветви, под желобами – нисходящие, в следствии чего дно океана обновляется каждые 300–400 млн лет. Предполагалось, что “Срединно-Атлантический хребет – мидианный, поскольку континентальные области дви-

жутся в обе стороны от него с одинаковой скоростью (1 см/год). Континенты не “вспахивают” океан... они пассивно перемещаются на мантийном материале. Поэтому на гребнях хребтов могут быть обнаружены лишь современные осадки, на крыльях современные и третичные” (Хесс, 1974, с.17).

В 1963 г. сопоставление профилей дна северной части Атлантического океана и аномалий общего магнитного поля привели Ф.Вайна и Д.Метьюза из Кембриджского университета к созданию оригинальной модели, в основе которой было два допущения. Во-первых “если происходит раздвигание океанического дна, перемещающиеся блоки нормально и обратно намагниченного материала должны двигаться в стороны от океанического хребта и вытягиваться параллельно его гребню” (Вайн, Метьюз, 1974, с.36). Во-вторых, что во времени происходит периодическое обращение магнитного поля Земли. В конце статьи подчеркивалось, что “авторы понимают, что магнитные контрасты океанической коры могут быть объяснены и без учета инверсий магнитного поля Земли, например тем, что океаническая кора состоит из чередующихся блоков очень сильно и очень слабо намагниченного в одном и том же направлении материала” (там же, с.37). Вместе с тем, основные идеи нашли самое широкое применение для объяснения строения и истории Атлантического океана, а также для составления разнообразных геолого-геофизических карт.

В 1939 г. Г.Меррей из Береговой и геофизической службы США (Heezen et al., 1964) в нескольких сотнях миль к западу от мыса Мендосино (Тихоокеанское побережье Северной Америки) описал на дне океана протяженный уступ субширотного простирания. Изучение этого образования было прервано Второй Мировой войной и лишь в 1955 г. Г.Менард описал восемь сходных уступов, которые были интерпретированы как разломные зоны. В 1955 г. (Menard, 1986) Генри Хесс на основании интерпретации сейсмических данных предположил, что трог Романш представляет собой разломную зону, которая является продолжением разлома Клиппертон. Он предположил также, что острова Св. Павла выведены на поверхность в зоне этого разлома. Вместе с тем эти выводы не получили широкого признания геологической общественности.

В 1961 г. в Приэкваториальной области Атлантического океана (Heezen et al., 1964b), после работ 17-го рейса НИС “Чейн” и обобщения сейсмических данных собранных в экваториальной Атлантике с 1956 по 1960 г., были открыты (Menard, 1986) сложно построенные участки дна, которые были описаны как разломные зоны. Через два года группой сотрудников Океанографического института в Вудс Холле, в Ламонтской геологической обсерватории Колумбийского университета (Heezen et al., 1964a), была сдана в печать превосходная работа, в которой предполагалось существование огромных левых сдвигов в экваториальной

Атлантике, получивших название Чейн и Романш. Было сделано заключение, что желоба пересекают весь САХ, а входящие в них породы сходны с другими кристаллическими образованиями, драгированными с срединно-океанических хребтов. Всего же, на прилагаемой к статье схеме, между 10° с.ш. и 5° с.ш., было изображено 11 разломных зон, что учитывало результаты других работ (Heezen et al., 1964б). Открытие необычного природного явления повлекло необходимость теоретического объяснения, которое появилось в 1965 г. (Wilson, 1965).

Дж. Уильсон, изучив размещение горных систем, СОХ и крупных разломов Земли, отметил факт резкого обрыва этих структур. Он предположил, что все мобильные пояса связаны в единую цепь, обрамляющую несколько крупных жестких плит. При этом “любая из вышеупомянутых структур в своем окончании может переходить или трансформироваться в структуры одного из двух типов... . Область сочленения, в которой один структурный элемент преобразуется в другой, предлагается назвать трансформой (transform), или областью трансформации” (Уильсон, 1974, с. 58–59). Автор предположил, что существует особый класс разломов–сдвигов, которые резко обрываются с обеих концов, но по которым могут фиксироваться значительные смещения. Для этих образований был предложен термин “трансформный разлом” и указывалось, что они должны называться “в соответствии с теми структурными формами, которые они соединяют (например, правосторонний трансформный разлом типа хребет–выпуклая дуга” (там же, с.60). Используя идеи Р.Дица, Дж. Уильсон предполагал, что САХ расширяется с образованием новой океанической коры, оставляя в рельефе дна неактивные следы своего бывшего положения. Свои рассуждения автор проиллюстрировал рядом примеров и, в частности, рассмотрел структурный рисунок экваториальной Атлантики (“Экваториальная Атлантическая зона нарушений”). Он приходит к выводам, что видимое смещение срединно-океанического хребта “является лишь отражением формы первоначального раскалывания двух континентальных блоков” (там же, с. 62) и что места пересечения трансформных разломов с противоположными берегами “представляют собой сопряженные точки, которым следовало бы быть совмещенными перед началом рифтинга” (там же, с.63). Вся модель (рис.2.1) в силу своей простоты была быстро принята геологами и практически без изменений используется и в настоящее время. Хотелось бы отметить, что в статье осталось неопределенным рамки применения термина “трансформный разлом” – если в тексте под ним понималась лишь та часть разлома, которая располагалась между осями хребта, то на рисунке б уже понимается все разрывное нарушение (обозначено – AA’), включая его отрезки в пределах континентов.

В последующие пять лет продолжалось бурное развитие вышеупомянутых идей многими авторами, кото-

рые создали принципиально новую картину тектоники Земли, которая охватывала как континенты, так и океаны. В 1968 г. В.Морганом (Принстонский университет, Океанографический институт в Вудс Холле) была предложена геометрическая модель, согласно которой поверхность Земли можно разделить на 12 частей или блоков, из которых три попадали на район Атлантического океана. Основные особенности блоков сводились к ряду особенностей. “Мы должны сделать допущение”, – писал автор, – “которое может придать предложенной модели математическую строгость, а именно мы допускаем, что каждый блок коры обладает абсолютной жесткостью” (Морган, 1974, с.69). “В пределах же Тихоокеанского или любого другого блока коры, как предполагает автор, отсутствуют растягивающие усилия, инъекции крупных даек, утолщения коры или какие-либо иные нарушения, которые вызвали бы изменения расстояний между отдельными точками (там же, с.70). Кроме этого предполагалось, что 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 не следует учитывать разломы,... которые не согласуются с другими.” (там же, с.70). Подтверждая эти положения, В.Морган проанализировал строение экваториальной Атлантики

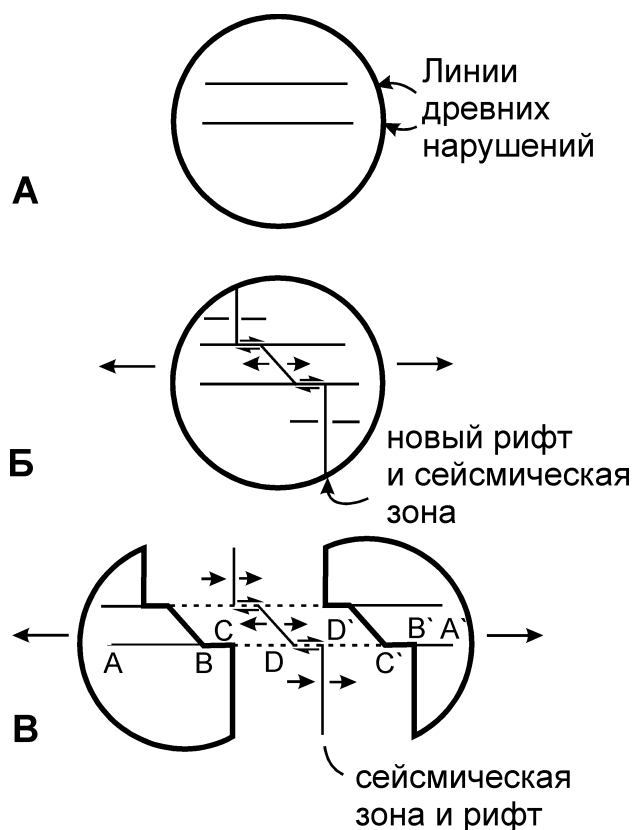


Рис. 2.1. Схема, иллюстрирующая три стадии разделения континента на две части при рифтообразовании (Wilson, 1965)

и пришел к выводу, что все разломы должны лежать “на малых окружностях концентрично вокруг полюса относительного движения”.

В том же году Кс. Ле Пишон опубликовал статью, в которой идеи Р.Дица, В.Моргана, Г.Хесса и других американских исследователей получают дальнейшее развитие. Во-первых неоднократно подчеркивается, что отсутствуют какие-либо сведения о деформациях или короблении крупных океанских блоков. В свете этого положения 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” (Ле Пишон, 1974, с.94). Реконструируя этапы эволюции Атлантики, автор 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” (там же, с.121). В 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, все блоки и все гребни хребтов мигрируют на поверхности Земли. В результате всех процедур поверхность планеты была разделена на шесть жестких блоков и это упрощение позволило проводить математическое решение.

В том же, 1968 г., Б.Айзекс, Дж.Оливер и Л.Сайкс, специалисты из Ламонтской геофизической обсерватории, Колумбийского университета опубликовали крупное обобщение в котором была выдвинута концепция “новой глобальной тектоники”, которая объединила гипотезу А.Вегенера, спрединга и трансформных разломов (Айзекс и др., 1974). Все работы по созданию Новой Глобальной Тектоники получили высокую оценку и поддержку международного сообщества и привели к созданию крупных исследовательских программ по изучению Мирового океана. В частности, в 1968 г., ООН приняла соответствующую резолюцию 2172/XXI, которая послужила толчком к разработке в 1969 г. программы “Глобальные исследования океанов”. “Пока ... проверка еще не осуществлена, представляется весьма возможным, что огромные пространства океанского дна сформировались за последние этапы геологической истории в следствии интрузий глубинных пород, происходивших вдоль осевых частей срединно-океанических хребтов и вызвавших горизонталь-

ные смещения коры в стороны от них. В то же время значительные пространства океанических котловин могли образоваться либо в результате погружения материковых блоков, либо могли сохраниться в качестве остатков более древних океанов” (Рассел и др., 1970, с.933).

В программе были намечены объекты, которые должны бы быть изучены в первую очередь: системы рифтовых зон и СОХ, включая структуру коры и распределение напряжений и во-вторых, океанические котловины. “Особый интерес представляют деформации и другие геологические феномены, сопутствующие краям океанических плит” (там же, с.935). Было предложено 11 важнейших подпрограмм, выполнение которых могло изменить представления о тектонике океана: бурение, картирование морфологии дна и некоторые другие. В качестве одной из первоочередных задач было выдвинуто изучение оси САХ в районах 40°–60° с.ш. и 20°–40° ю.ш.

В СССР также были определены такие основные направления фундаментальных океанологических исследований в области геотектоники (Зенкевич и др., 1968) как: происхождение океанических впадин и рельефа хребтов, неоднородность мантии, рифтовая система, проверка и развитие гипотез конвекции, расширения океанического дна и движения материков. В 1969 году в ИОАН была создана секция геоморфологии, геофизики и геотектоники дна океанов, которую возглавил Г.Б.Удинцев.

В том же году правительство ФРГ заявило, что изучение океана представляется важнейшим полем деятельности и приняло Генеральную программу изучения Мирового океана (Wallrabe–Adams, 1992).

Все эти организационные мероприятия повлияли самым благоприятным образом на развитие работ в Атлантическом океане, позволили более целенаправленно ориентировать развитие экспедиционных исследований. Объем работы не позволяет проанализировать результаты всех экспедиций и в связи с этим, помимо упомянутых, мы заострим внимание только на некоторых иностранных и советских работах, которые состоялись в 60-е г.

В СССР роль лидера в геологических исследованиях океана принадлежала Институту океанологии Академии Наук, включая его филиалы. В северных и приполярных районах Атлантического океана большую роль сыграли исследования Арктического и Антарктического НИИ и Полярного института рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО). Например, их данные, полученные во время рейсов судов “Севастополь”, “Академик Книппович”, “Тунец” (1955–1965 гг.), “Обь”, “Лена” (1957–1958 гг.), а также норвежских экспедиций “Г.О.Старе”, “Юхан Иорт” (1956–1960 гг.), позволили обосновать продолжение САХ в сторону полюса тремя звеньями: Исландия–Ян Майен, хребты Мона и Книпповича (Литвин, 1968).

К 1966 г., в результате обобщения всех доступных эхолотных промеров 1848–1962 гг., включая данные таких судов как “Седов”, “Экватор”, “Крузенштерн”, “Полюс”, “Михаил Ломоносов”, “Петр Лебедев”, “Вима”, “Кроунфорд”, “Дана”, “Дискавери 2” Калининградским отделением ИОАН (Гребовский, 1966) была составлена новая батиметрическая карта северо-западной Атлантики. Чуть позже, в 1968 г., были обобщены многочисленные данные, полученные немагнитным судном “Заря”, которое начало свои исследования аномального магнитного поля в 1952 г. Был сделан вывод (Иванов и др., 1968) о трех разных типах магнитных полей: над гребнем САХ, на его флангах и в котловинах, что интерпретировалось как свидетельство резкой магнитной неоднородности пород океанического дна. Работы в районе Исландии позволили сделать предположение о том, что “... как Ферреро–Исландский порог, так и Исландия с прилегающими участками дна, имеют континентальную структуру” (Котенев, 1968, с.1052).

В более южных районах исследования, направленные на изучение тектоники, проводились менее интенсивно. В ноябре 1963 – январе 1964 гг. были проведены Калининградским отделением ИОАН первые сейсмические работы методом МОВ в районах Восточной Атлантики, которые показали, что здесь мощность осадков доходит до 1900 м (Здоровенин, 1965). В 1965 г. провел свой первый рейс в экваториальной Атлантике НИС “Академик Курчатов”. По результатам обработки каменного материала был сделан вывод о том, что гипербазиты трога Романш формировались в гетерогенных условиях (Плошко и др., 1969) и, что они комагматичны габброидам (Плошко и др., 1973). Кроме этого, было отмечено, что гипербазиты близки к континентальным разностям, но их отличает резко повышенное содержание титана в темноцветных минералах (Плошко и др., 1973).

Очень широко развивались работы в зарубежных странах. Помимо указанных выше, отметим начало проведения выдающегося проекта XX века – глубоководного бурения на американском НИС “Гломар Челленджер”, во время которых стали получать прямые указания на состав и возраст коренных пород Мирового океана. Программа бурения очень быстро превратилась из национальной в международную. За 30 лет было пробурено около 1000 скважин, в том числе около 70 в Приэкваториальной части Атлантического океана.

В 1965 г. на НИС “Вайдл” (Collette et al., 1968), было проведено несколько широтных профилей НСП через Атлантический океан между 10° и 15° с.ш. Было впервые достоверно установлено, что в пределах САХ осадочный чехол отсутствует, а в котловинах достигает мощности до 2000 м. Авторы обратили внимание на сходные геофизические характеристики акустического фундамента (АФ) под чехлом и в пределах гребня САХ. В конце 60-х г. были получены новые данные о

хребте Барракуда (Birch, 1970). Сообщалось, что это поднятие формировалось в результате развития продольных разломов, над которыми существует подъем мантии и подошвы коры на 3 км. Кроме этого, указывалось на то, что поднятие находится на границе двух областей с различными характеристиками аномального магнитного поля – линейного на севере и мозаичного – на юге. Исследования, проведенные в 1965 г. (Collette et al, 1969) в пределах абиссальных котловин Демерара и Канарской, установили деформации осадочного чехла, однако, по мнению авторов, их возникновение увязывалось с уплотнением осадков, а не с тектоническими процессами. Вместе с тем, изучение трогов заполненных осадками, которые располагаются южнее разлома Вима, проведенное в 1969 г., показало, что их дно испытало подъем в настоящее время на 500–2000 м (van Andel, 1969). Позже, в 1971–1972 гг., в котловине Демерара вновь были проведены сейсмические исследования, которые подтвердили присутствие деформаций чехла в пассивных частях трансформных разломов. По результатам обработки был сделан иной вывод: “Относительно современная тектоническая активность вдоль западного продолжения некоторых трансформных разломов свидетельствует, что эти “мертвые следы” (“dead traces”) реально могут служить магистралями (“avenues”) для передачи тектонической энергии в океанской плите” (Peter, Westbrook, 1976). В конце 70-х г. были опубликованы данные о молодых тектонических и магматических процессах на флангах разломов Чейн, Фернандо ди Норонья и некоторых других (Gorini, Bryan, 1976). Авторы пришли к заключению, что “важные тектонические процессы происходят вдоль разломных зон далеко за пределами их активных частей в пределах Срединно-Атлантического хребта” (Gorini, Bryan, 1976, p.117).

Параллельно с сейсмическими работами исследовалась и сейсмичность САХ (Frensis, 1968). Расчет 75 землетрясений показал, что имеются резкие отличия в сейсмичности САХ и разломных зон. Изучение продольных профилей вдоль трогов южнее разлома Вима (van Andel, 1969) позволило сделать заключение о существовании современных вертикальных движений на флангах САХ. Стали появляться все более обстоятельные сведения о составе и деформациях коренных пород (например: Melson, van Andel, 1966), в частности, поднятые впервые в Атлантике в 1964 г. на 22° с.ш. зеленокаменные породы рассматривались как продукт регионального метаморфизма.

Анализ содержания советских журналов “Океанология”, “Геотектоника”, “Известия АН СССР” и “Доклады АН СССР” с 1961 по 1970 гг. показывают, что обсуждение идей спрединга или новой глобальной тектоники были в этих изданиях скорее исключением, чем правилом. В той или иной мере они поддерживались в работах В.Е.Хаина, П.Н.Кропоткина, В.Н.Пучкова. По-прежнему широко были развиты взгляды прошедших

десятилетий. В частности Ю.М.Шейнманн, дословно повторяя свои взгляды, высказанные тремя годами ранее писал о том что: "... 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" (Шейнманн, 1961, с.35). "Океаны типа Атлантического являются лишь начальной стадией образования складчатого пояса" (Шейнманн, 1958, с.780), а формирование его завершилось базификацией коры, ее опусканием в юрское или раннемеловое время.

Несколько обособленными 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 г. Он считал, что океанские разломы представляют собой сверхглубинные образования, которые проникают глубоко в мантию, а все дно океанов охвачены процессами тектонического дробления" на большие и малые глыбы и блоки, испытывающие большие взаимные перемещения" (Пейве, 1990б, с. 177). Он подметил, что процессы деформации верхней части мантии и земной коры континентов имеют много сходного и, что "весь земной шар (континенты и океаны) характеризуются 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" (там же, с. 178). Однако он считал, что суперперемещения материков в духе А.Вегенера не могут быть приняты безоговорочно. Развивая свои идеи, А.В.Пейве в 1967 г. пришел к выводу, что "... система гигантских сдвигов в тонкой и хрупкой океанической коре САХ... связана с неравномерным, "струйчатым" 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" (Пейве, 1990б, с. 296). Позже, в середине 70-х г., А.В.Пейве (Пейве, 1990а, 1990б), через опыт изучения структуры континентальных областей и офиолитов, разработал оригинальную модель строения и развития САХ. Он считал, что в пределах хребта развиты региональные метаморфизм и деформации, причем последние носят характер деформаций сжатия. "В геологической истории хребта был этап сжатия, скупивания горных пород, во время которого возникло, в сущности, настоящее горное сооружение в океанической коре, сформировавшиеся приблизительно по направлению шва, некогда соединяющего континенты" (Пейве, 1990, с. 99). Он подчеркивал, что деформации не обязательно связывать с действием только трансформных разломов.

В 1956 г. Б.Хизен и М.Юинг выдвинули идею о существовании мировой рифтовой системы, которая объединила континентальные и океанические рифтовые зоны. Включение в единый тектонический пояс весьма различных по своему строению элементов таких как Восточно-Тихоокеанское поднятие, Срединно-Атлантический хребет, структуры Аденского и Калифорнийского заливов, Восточно-Африканских рифтов и впадины Красного моря и т.д. подразумевало изначально большую продольную гетерогенность мировой рифтовой системы. Однако на первых порах при изучении этого объекта основное внимание исследователей было сосредоточено на выявлении поперечной зональности срединно-океанических хребтов. В частности, это отчетливо можно проследить на примере САХ (Хейзен и др., 1962; van Andel, Bowen, 1968 и др.).

Продольная гетерогенность САХ отмечалась во многих отечественных работах еще 20 лет тому назад (Кленова, Лавров, 1975; Ильин, 1976). Указывалось, в частности, что САХ может быть разделен на четыре крупных "региона" (Кленова, Лавров, 1975, с. 377) или хребта: Рейкьянес, Северо-Атлантический, Экваториальный и Южно-Атлантический. Границы между ними проводились по областям зон разрывов: Северо-Атлантический, Северо-Тропического и Экваториального. Ширина некоторых из них (по меридиану) составляла 8–9° (860–970 км). Более поздние исследования полностью подтвердили уместность выделения некоторых из выделенных отрезков САХ. В частности отмечалось, что хребет Рейкьянес "занимает достаточно своеобразное, как бы "промежуточное" положение между высокоскоростными и низкоскоростными хребтами" (Рифтовая..., 1990, с. 202).

В современной геологической литературе все большее место занимает вопрос о сегментации срединно-океанических хребтов в пределах Тихого и Атлантического океанов (Macdonald et al., 1993 а б и др.). Установлено, что сегменты разделены границами различного рода и разработаны принципы их классификации. Весь вышеизложенный материал подтверждает, что САХ в центральной части Атлантического океана представляет собой гетерогенное горное сооружение, которое вдоль своего простираения разделено на сегменты различного порядка. Существует несколько объяснений происхождения сегментации срединно-океанического хребта: термальная контракция холодной плиты или следствием сил, продуцированных при подъеме горячего мантийного материала под спрединговыми центрами и при освобождении расплавов (Schouten, Whitehead, 1991/1992). Э.Бонатти (Bonatti, 1986) предполагал, что первичные ячейки отражают астеносферный апвеллинг, связанный с нестабильностью Релея–Тейлора в верхней мантии.

Приведенный выше обзор не является углубленным историческим исследованием. Он был направлен на восстановление наиболее общих тенденций истории

становления взглядов, которые лежат в основе современных геодинамических представлений. Более современные идеи в той или иной степени будут рассматриваться ниже, по мере необходимости.

2.3. Синтез

1. На протяжении десятков лет в теоретической тектонике Атлантического океана тесно сосуществовали две основных концепции: мобилизм и фиксизм. Каждая из них имела свои оттенки, но до создания тектоники плит они предполагали гетерогенность океанического дна, что вытекало из представлений континентальной геологии.

2. Существенную роль в становлении и развитии новой глобальной тектоники сыграло удачное совпадение нескольких обстоятельств – разработка и внедрение новых образцов техники, ряд крупных открытий (Мировая рифтовая система, полосовые магнитные аномалии, успехи в сейсмологии, океанские разломы и некоторые другие), создание многоцелевого мирового научного флота, проведение ряда организационных мероприятий, включая разработку международных перспективных программ, а также большая научно-популярная работа, которые были завершены к концу 60-х г.

2. Крупные открытия в области теоретической тектоники океанов зависят от развития технических средств получения новых данных и методов обработки. Без инвестирования средств в новые технологии исследования дна океанов и экспедиции нельзя ожидать видимого прогресса в понимании процессов, происходящих на океанической литосфере.

3. Изучение геологии океана имеет ряд специфических особенностей, которые отличают его от исследований на континентах. Во-первых, дно океана представляет собой закрытый объект, изучение которого было возможно только дистанционными методами или косвенным путем – через различного сорта моделирование или путем сравнения простираций крупных геоморфологических объектов с последующей экстраполяцией данных наземной геологии в океан. В определенной степени это сближает океанскую геологию с планетологией. Эти обстоятельства приводят ко второй особенности – зависимость теоретических выводов от развития техники морских работ и внедрения новой

аппаратуры, которое влечет за собой огромные финансовые затраты. Проиллюстрируем это примером. Очевидно, что многие тектонические выводы зависят от представлений о строении рельефа океана, которые, в свою очередь, зависят от точности батиметрических карт, создание которых зависит от способов измерения глубин. С 1840 по 1970 гг. – от первого промера Дж. Росса до становления новой глобальной тектоники произошло три смены “аппаратуры”: в 1870 г. веревочный линь сменился металлическим тросом, в 1922 г. появился эхолот, в 1935 – эхолот–самописец.

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

Внедрение новых типов техники для изучения океанического дна происходило соответственно через 30 лет, 52 года, 17 и 45 лет. Внутри этих интервалов создавались 1, 2 международно признанные батиметрические карты с периодом создания около 25 лет. Продолжая этот ряд в наше время, отметим, что изобретение многолучевого эхолота (конец 70-х г.) знаменует новый этап и сейчас мы находимся в стадии накопления информации, которая может быть обобщена в первое десятилетие XXI в.. Причем можно предполагать, что введение новой информации о строении таких объектов как трансформные разломы, срединно–океанические хребты и др. может привести к созданию и новых тектонических концепций. Приведенный анализ касался только влияния батиметрии, однако успешное развитие различных геофизических методов, а также внедрение новейшей геохимической аппаратуры и техники, позволяющей получать прямую геологическую информацию (например, подводные аппараты) имеет огромное влияние на создание новых тектонических гипотез.