

ГЛАВА 3. КАРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ ДНА АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА. ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ. БАЗА ДАННЫХ ПО ЦЕНТРАЛЬНОЙ АТЛАНТИКЕ

В настоящий момент картирование океанов находится в стадии разработки новых подходов, методов и приемов изображения, а самое главное, на этапе интенсивного накопления батиметрической и разнообразной геолого-геофизической информации, которая, несомненно, приведет к созданию карт нового поколения. Целью настоящей главы является краткий анализ масштабов и типов существующих карт для закрытого геологического объекта – дна океана и постановка некоторых задач по построению тектонических карт нового поколения на примере его экваториальной части.

3.1. Масштабы карт геологического содержания глубоководных частей океанического дна

Исследования Атлантического океана разных лет охватили различные по площади участки дна и, соответственно, разномасштабные структуры. Для их изучения привлекались разнообразные методы или их сочетания. Степень детальности работ на тех или иных участках Мирового океана также заметно отличалась. Представляется, что с определенной степенью условности, можно выделить по масштабу три основные категории карт океанского дна, содержащих тектоническую или геологическую информацию: обзорные, среднemasштабные и детальные.

Обзорные карты (1: 1 000 000 и мельче). Под обзорными картами строения дна океана автор понимает карты с высокой степенью генерализации в масштабах 1:n10 млн и мельче, обобщающие всю обширную и разнообразную информацию по крупному региону (вплоть до общей карты Мирового океана), полученные на базе данных комплексных исследований, в том числе, включающие в себя другие существующие карты, или иные интерпретированные материалы. Обзорные карты целесообразно разделить на обзорные карты Атлантического, Индийского, Тихого, Северного Ледовитого океанов, двух и более океанов (мельче 1:10 000 000) и региональные (1:1 000 000–1:10 000 000) (например на район Анголо-Бразильского геотраверза).

Первыми обзорными картами Атлантического океана были карты на которых цветом или штриховыми знаками на основе данных батиметрии и путем экстра-

поляции данных наземной геологии выделялись складчатые области разного возраста. По всей видимости одной из первых тектонических карт дна Атлантического океана подобного рода (и первой вообще?) была схема созданная Э.Огом (Ог, 1922), который на основании данных эхолотного промера и по аналогии с континентами разделил поверхность дна на стабильные участки и геосинклинальный пояс, который соответствовал Срединно-Атлантическому хребту. С небольшими вариациями по содержанию подобные схемы создавались в течение длительного времени (“Схематическая тектоническая карта Мира” (масштаб 1:150 000 000) (Леонов, 1956), “Схема геотектонического районирования Земли” (1: 100 000 000) (Белоусов, 1953), и в других работах (Мазарович, 1952; Штилле, 1964 и др.).

Ко второму типу можно отнести карты (например: Боголепов, Чиков, 1976) на которых изображаются пояса рифтовых структур, океанические плиты с линейной структурой фундамента, пояса и области вулканических структур (Азорское поднятие, острова Зеленого Мыса), микроконтиненты и подводные окраины материков (Сьерра-Леоне), вулканические структуры на микроконтинентах (Бермудское поднятие, Исландия). Кроме этого, выделялись зоны разломов в виде простых линий с кинематическими характеристиками: раздвиги, сдвиги, сбросы материковых склонов. Вдоль окраин континентов выделялись геосинклинали материковых склонов (Атлантический тип). Авторы определили сущность тектонических карт океанов следующим образом: “они представляют собой графическое изображение структурных элементов земной коры, их внутреннего строения и соотношения в пространстве. При этом структурные элементы выделяются исходя из комплекса вещественных (литолого-петрографических или приравненных к ним геофизических) и структурных характеристик, охватывающих всю мощность земной коры до границы Мохоровичича” (Боголепов, Чиков, 1976, с.143).

К этому же типу карт близки карты морфотектоники дна. На карте составленной В.М.Литвиновым (Литвин, 1977) были изображены кайнозойские складчатые структуры (Карибский регион), современные и отмершие (хребет Авес) островные дуги, глубоководные желоба, рифтовые и фланговые зоны срединно-океаничес-

кого подвижного пояса, а также аккумулятивные хребты (Ньюфаундлендский), краевые валы, сводово-глыбовые поднятия, вулканические массивы на едином цоколе (Азорские острова), глыбовые, линейно-вытянутые хребты (Китовый) и разломы.

Иной подход был заложен на двух разномасштабных (1:15 000 000 и 1:45 000 000) версиях “Тектонической карты Мира” (1984, 1988). Дно океана картировалось, исходя из возрастного расчленения кровли второго слоя океанической коры, который определялся по данным глубоководного бурения и, в большей степени, по линейным магнитным аномалиям. Эта информация дополнялась структурными обозначениями котловин, впадин и поднятий в пределах океанических плит. В объяснительной записке (Тектоника..., 1988) указывалось, что “этот метод тектонического районирования ложа океана в общем не противоречит структурно-геоморфологическому, поскольку существует определенное соответствие между рельефом ложа океана и возрастом океанической коры и ... коррелирует с расчленением континентальной коры по времени заключительной складчатости, т.е. окончательной консолидации и начала формирования платформенного чехла” (Тектоника..., 1988, с. 11). На карте были показаны внутриплитные поднятия вулканического и “скрытовулканического” происхождения. Первые разделялись по возрасту на меловые, палеогеновые, олигоцен-миоценовые и плиоцен-четвертичные. Вторые закартированы по времени начала накопления осадочного чехла. На карте были показаны вулканические горы, гайоты, глыбы с континентальной корой (микроконтиненты) – Роколл, Исландия, а также трансформные разломы.

На иных принципах и другими картографическими приемами была построена карта “Тектонические провинции Атлантики, Мексиканского залива и Карибского региона” (1:18 000 000), которая была издана в виде приложения к монографии “Геология Атлантического океана” (Emery, Uchupi, 1984). На ней было изображено распространение четырех типов образований: дорифтовых, субдукционных, рифтовых и синрифтовых, а также дорифтовых на континентах. Каждый тип разделялся разными штриховыми знаками на петрографические или литологические разности (осадки и вулканы, эвапориты, вулканы и т.п.) и отмечался их возраст. Кроме перечисленного, была помещена информация об эпицентрах землетрясений, положении осей магнитных аномалий, а также множество надписей, поясняющих структурные особенности тех или иных объектов (контакт океанической и континентальной кор, ровный–неровный акустический фундамент, оси спрединга, неогеновые грязевые диапиры, скорости сейсмических волн, плутонические породы и пр.). В определенной степени эта карта стала развитием методов картографирования, заложенными на генерализованной тектонической карте Африки, Пиренейского полуострова и прилегающих акваторий (Uchupi et al., 1976), где были

показаны Северо-Американская, Европейская и Африканская плиты, мезозойско-кайнозойский осадочный чехол, выступы акустического фундамента, аномальная кора и т.п.

Среднемасштабные карты (1:100 000–1 000 000).

Под картами среднего масштаба нами понимаются карты отдельных районов океана в масштабах 1:n100 тысяч, обобщающие информацию по данным геолого-геофизических комплексных полигонных исследований на базе многолучевого эхолотирования и с привлечением данных по батиметрии однолучевым эхолотом. Такие работы могут сопровождаться драгированием и (или) отбором образцов с пилотируемых погружаемых аппаратов (ППА). Разновидностью таких карт можно считать интерпретационные карты геологии и структуры, получаемые по данным дешифрирования изображений, полученныхсонарами бокового обзора.

Для иллюстрации вышесказанного рассмотрим ряд примеров. По результатам исследований ППА “Мир” в районе TAG (26°05′ – 26°12′ с.ш.) была опубликована среднемасштабная схема (1:200 000) строения района, которая в одном случае называлась “Структурно-геологическая схема района TAG” (Зоненшайн и др., 1989), а в другом – “Геология района TAG” (Zonenshain et al., 1989). Штриховые знаки показывали неовулканическую зону с выходами молодых лав внутри нее, обнажения древних лав, габбро и параллельных даек, зеленокаменных пород, молодые и древние осыпи, осадочные карманы и глубокие впадины внутри рифта, активные гидротермальные источники, сбросы, а также зоны разломов, которые ограничивают поднятый блок.

Еще одной среднемасштабной схемой является “Схематическая геологическая карта зоны сочленения разлома Зеленого Мыса и южного сегмента рифтовой долины Срединно-Атлантического хребта” (Перфильев и др., 1996). Ступенчатое драгирование всех типов морфоструктур в течение нескольких рейсов разными судами позволило получить представление о распределении пород в более чем 90 точках дна примерно на площади 3600 кв. км. В результате были закартированы фрагменты мантийного комплекса, кумулятивной расчлененной серии, базальты с разной степенью палагонитизации стекла, а также некоторые разломы. Близкие по содержанию геологические карты были опубликованы ранее для районов Анголо-Бразильского геотраверза (Погребницкий и др., 1990).

Примером среднемасштабных карт за пределами Атлантики может служить карта “Интерпретация геологии и структуры южного фланга Осевого вулкана” (1: 277 000) на хребте Хуан де Фука (Appelgate, 1990). Она была составлена по даннымсонара бокового обзора SeaMARC I. На ней были показаны поля развития лавовых потоков, вулканических хребтов и конусов разных типов, крупные и мелкие разломы со смещениями, а также линеаменты под которыми подразумеваются трещины и разломы со средними смещениями.

Детальные карты (1:100 000 и крупнее). Детальными геологическими картами океанского дна целесообразно называть карты, составленные на небольшую территорию или объект на основании данных картирования с ППА, обеспеченные сверхточной навигационной привязкой, отбором образцов и детальной фотосъемкой. Как правило, такому типу работ предшествует съемка дна многолучевым эхолотом и (или)сонарами бокового обзора. Анализ литературы показал, что подобного сорта карты в основном созданы для отдельных участков Тихого океана. Вместе с тем, для полноты представлений включим и их в наш анализ.

В Атлантическом океане примером детальных карт может служить “Тектоническая карта восточной части трансформного разлома Вима и его пересечения с САХ” (1:100 000), основанной на данных сонара бокового обзора, батиметрии и фотографировании (Macdonald et al., 1986). В опубликованной работе для территории 18 x 36 км штриховыми знаками изображены V-образные трещины вдоль трансформной долины, вулканические конусы, зона главного трансформного смещения и одна изобата (4500 м). Цветом показывалось расположение неовулканической зоны внутри рифтовой долины, а также штриховыми знаками – уступы. Известны также геологические схемы на отдельные объекты в пределах рифтовой зоны САХ (например, Karson, 1987)

За пределами Атлантики детальные карты были созданы для ряда районов Восточно-Тихоокеанского поднятия и хребта Хуан де Фука. Примером может служить “Геологическая карта вулканического поля Эндевор” (Dalaney et al., 1992), составленная в масштабе 1:1 500. Она основана на данных 25 погружений ППА “Элвин”, прецизионной навигационной привязке и отражает строение участка дна 200 x 400 м с перепадами глубин от 2000 до 2220 м. На карте разными цветами показаны поля развития базальтов, осыпей, нонтронитовых отложений, активных и неактивных сульфидных структур. Эти данные, нанесенные на батиметрическую основу с сечением рельефа в 5 м, дополняются штриховыми знаками, показывающими расположение черных курильщиков, трещин, границ осыпей, лавовых озер, а также разломы. Надписи на карте показывают топонимику рельефа, а индексы – амплитуды разломов (например 5 м) и некоторую другую информацию. Другой разновидностью детальных карт можно считать карты составленные по данным подводных фотосъемок. На одной из таких карт “Интерпретация типов лав и их морфологии” вулканического поля ASHES (1: 3 846), расположенном на хребте Хуан де Фука изображены поля развития в кальдере Осевого вулкана лавовых потоков с лопастной (“lobate”), пластовой (“sheet flows”) текстурой и т.п. (Hammond, 1990). Эта информация дополняется отдельными элементами структурного характера (ориентация и падение некоторых разломов, трещин и т.д.).

На карте Осевого вулкана (1:40 000) (Embley et al., 1990), составленной по данным съемок сонаром бо-

кового обзора SeaBeam на хребте Хуан де Фука, штриховыми знаками изображены стенки кальдеры, выходы гидротерм, фронты лавовых потоков, трещины, поля распространения лавовых труб, сульфидные “дымоходы”, структурные линеаменты, а также элементы рельефа (пригорки – “hillocks”) и изобаты, проведенные через 5 м. К опубликованной работе прилагалась дополнительная карта (1:100 000) распределения типов лав: пиллоу, волнистые потоки и т.п. Сходную нагрузку несет карта, составленная на район хребта Хуан де Фука (45°30′ – 45°50′ с.ш.) (Appelgate, 1990), на которой показаны типы лавовых потоков, уступы вулканических хребтов, вулканические конусы разных типов, мелкие разломы, линеаменты (трещины, разломы).

Приведенные выше примеры показывают, что создание геологических карт или схем пока возможно только в немногочисленных хорошо изученных районах на базе комплекса методов. Можно предполагать, что в будущем потребуются огромные усилия для стыковки разномасштабных схем, выполненных в разных легендах и на основе привязки различными навигационными системами. Вместе с тем, представляется, что создание геологических карт океанического дна является самостоятельным направлением, отличным от геодинамического картирования.

Помимо отсутствия геолого-геофизического фактического материала на многие регионы при создании обзорных карт геологического содержания имеются трудности и другого порядка. Одна из них, например, состоит в принципах картирования собственно океанического ложа в целом и его отдельных частей. Эта проблема многократно рассматривалась в отечественной литературе (Пушаровский, 1971; Боголепов, Чиков, 1976; Ильин, 1976 и др.) и поэтому нет необходимости излагать здесь этот вопрос. Другая проблема также неоднократно поднималась в литературе. Она заключается в вопросе “Возможно ли создание тектонической карты океанов и континентов в единой легенде?” (Кулындышев, 1983). Здесь существует ряд принципиально разных подходов. Один из них, как отмечалось в упомянутой работе, исходит из предположения, что структурно-вещественные комплексы ложа океана и континентов одни и те же и только отличаются своим гипсометрическим положением (например, базальты океанов и траппы континентов – (Макаренко, 1991)). То есть принимается, что принципы картирования суши и дна океана совпадают. Очевидно, что тектоническое и геологическое картирование океанического дна имеет существенные отличия от “континентального”, которое заключается прежде всего в разной методической основе, что затрудняет взаимопонимание “сухопутных” и “морских” тектонистов и геологов. При исследованиях на суше геологи изучают прямыми методами формы залегания геологических тел, их возраст и состав и т.д. Исследования океана ведутся в основном дистанционными методами, что отчасти сближает изучение океана

с изучением тектоники планет. На первый план выходят такие характеристики как рельеф и различные геофизические поля. Вопрос сводится к такой методической проблеме как однозначная корреляция данных на континенте и в океане. Представляется, что в настоящий момент такая проблема может решаться только для осадочных чехлов на базе сейсмостратиграфии, но не для комплексов акустического фундамента.

Другой подход предлагался Е.М.Рудичем и Г.Б.Удинцевым (Рудич, Удинцев, 1987). Авторы считали, что “в основу создания тектонической карты океанов и континентов должен быть заложен фиксизм и необходимость выделения в пределах океанов некомпенсированных опусканий, переходящих на определенной стадии развития в зоны собственно океанической седиментации (Рудич, Удинцев, 1987, с.26). Насколько известно автору, за десять лет такой карты создано не было и к вышеупомянутый подход можно рассматривать только как теоретический. Более успешно развивается направление, которое рассматривает развитие океанов с точки зрения мобилистов. В этом случае разрабатываются две легенды – одна для континентальных областей, другая – для океанов. В обозримом будущем видимо по этому принципу и будут развиваться тектоническая картография Земли. Прообразом такой схемы может быть позиция П.Н.Кропоткина, который полагал, что “тектоническое районирование океанов следует проводить по времени талассогенеза соответствующего эпохе главного растяжения” (Кропоткин, 1968, с.34).

3.2. Типизация карт геологического содержания глубоководных частей океанического дна в зависимости от методов исследования

Многообразие карт океанского дна геологического содержания не ограничивается различиями только в масштабе. Существенным представляется понимание методик получения результатов и их ограничений. В самом общем виде возможно подразделение всех карт на три группы.

1. Карты строения океанского дна, составленные на основании только дистанционных методов позволяют оконтуривать в плане те или иные формы рельефа или области геофизических аномалий, придавая им некий тектонический смысл. Построение подобных карт возможно на основании одного (многолучевое эхолотирование на полигонах, использование сонарных съемок, сейсмических методов на полигонах с большой плотностью галсов, магнито- и гравиметрии, и т.п.), двух (НСП + многолучевое эхолотирование, многолучевое эхолотирование + гравиметрия) или нескольких методов.

2. Карты строения океанского дна, составленные на основании прямых наблюдений и дистанционных методов позволяют в той или иной мере проверить предположения о составе и структуре пород в пределах не-

значительной по площади территории. К прямым методам мы относим, с определенными оговорками, три вида исследований: с применением подводных лодок, на базе точной координатной привязки образцов, бурение с экстраполяцией данных по строению осадочного чехла и фундамента и драгировочные работы, которые позволяют судить о строении относительно крупных объектов на дне океана (подводная гора, склон рифтовой долины и т.п.)

3. Особым типом карт являются карты строения океанского дна, составленные на основании тех или иных теоретических расчетов. В каком-то смысле они напоминают карты предсказанной топографии (“predicted topography”). Примером карт “предсказанной геологии” может послужить “Карта вулканизма рифта Таджура” (1:360 000) (Лисицын и др., 1989). В основу работы были положены наблюдения с ППА “Пайсис”, которые выявили возрастные группы базальтов. При этом “главным критерием было количество осадков, перекрывающих вулканические постройки” (там же, с.13). Далее, исходя из скоростей осадконакопления и скоростей спрединга, были оконтурены поля развития пород различного расчетного возраста. Кроме этого, карта дополнялась изображениями вулканических центров, сбросов, изопахит, зон трансформных разломов, осей магнитных аномалий, были отмечены направления движения плит и граница распространения различных петрографических типов базальтов.

К такому же типу карт могут быть отнесена карта “Тектонические элементы плит в Южной части Тихого океана” (Масштаб 1:20 000 000) (Нахбу, Weissel, 1986). На карте штриховыми знаками были показаны возраст по магнитным аномалиям, вектора относительного движения плит, диаграммы фокальных механизмов. Разломы специальными знаками не выделялись, и проявлялись только по смещениям блоков коры с одинаковыми возрастными (нижний мел, палеоцен, эоцен и т.п.). Подобного типа карты дают общее представление о геодинамике крупных регионов, а также могут быть полезны для ориентации исследований. Вместе с тем, они отражают современную мгновенную картину новейших движений плит но, в прямом смысле, не могут считаться тектоническими картами.

Карты океанского дна геологического содержания, в зависимости от их назначения, могут быть ориентированы на отдельные элементы структуры и т.д. Например могут создаваться карты разломов, распределения осадочного чехла (в изопахитах), возраста вулканизма, сейсмичности, геодинамических современных или древних обстановок, развития гидротермальных образований, тех или иных геологических объектов с элементами структуры, структурно-морфологические, гипотетико-иллюстративные и др. Очевидно, что под тот или иной тип карт должна формироваться и соответствующая легенда, которая должна опираться, в свою очередь, на определенные термины и понятия. Нам представля-

ется необходимым четко отделять на карте фактические данные без какой либо их привязки к “тектонической” идеологии и карты, которые должны иллюстрировать те или иные теоретические соображения. Если первые могут использоваться при планировании и проведении экспедиционных работ, а также при создании неких моделей, то вторые необходимы для формирования общих представлений о предполагаемой геодинамике региона. Разделение тектонических карт по назначению предполагает решение сложной проблемы – разработки соответствующих терминологических систем.

3.3. Составные элементы карт геологического содержания Атлантического океана нового поколения

Внедрение за последние 30 лет принципиально новых технических исследовательских систем (многолучевые эхолоты, сонары бокового обзора, ППА) резко повысило детальность и точность исследования Атлантического океана и привело к развитию масштабных полигонных геолого–геофизических работ. Компьютеры с большими объемами памяти и развитой периферией позволяют быстро строить цифровые батиметрические карты любых масштабов, которые в совокупности с другими геолого–геофизическими данными представляют собой главную основу для построения тектонических и геологических карт океанского дна нового поколения. В качестве последних имеется в виду цифровые карты теоретических представлений и фактического материала (точное расположение разломов, деформаций, их типов, мощностей чехла, разных структур или морфоструктур, геологических тел и т.п. в географических координатах), созданные с применением специальных математических программ и выведенные с помощью соответствующей периферии (принтеров, плоттеров). Они должны на специальных приложениях дополняться точками расположением станций, прокладками галсов или любой другой информацией (например, контурами геофизических аномалий и т.д.). Такие карты могут легко редактироваться, дополняться при получении новых данных и, при необходимости, быстро переиздаваться. На настоящий момент созданы многие элементы, которые могут быть использованы в цифровой тектонической картографии Атлантического океана. Прежде всего к таким материалам можно отнести цифровые данные по рельефу, мощностям осадков, расположению осей магнитных аномалий, эпицентров землетрясений и предполагаемого возраста коры, базы данных по глубоководному бурению, альтиметрические и другие данные. Одновременно с этим создание цифровой тектонической карты Атлантического океана требует цифровых моделей структуры переходных зон континентов, данных о возрастах пород океанических островов и подводных гор, мощностях осадочного чехла и его структуре и иных

данных. Все вышеперечисленное является частями, необходимой для создания географической информационной системы (ГИС), которая определяется как “программно-аппаратный комплекс, способный вводить, хранить, обновлять, манипулировать, анализировать и вводить все виды географически привязанной информации” (Черемисина и др., 1996, с. 11).

Центральная часть Атлантического океана характеризуется большим разнообразием структур, которые отражены на общих тектонических картах. Основанием для выделения подводных тектонических объектов послужили данные однолучевого эхолотирования или набортные геофизические измерения, реже – геологические характеристики. Создание новой тектонической карты этой части Атлантического океана с его обрамлением представляется наиболее надежным путем разработки классификации структур, понимания их взаимоотношений и истории развития океана в целом. Карта нового поколения должна представлять собой многослойную “конструкцию”, которая должна заключать в себе следующие элементы. 1. Тектоническое районирование домезозойского основания районов Западной Африки и Южной Америки прилегающих к Атлантическому океану. 2. Мезозойско-кайнозойские осадочные бассейны Африки и Южной Америки. 3. Мезозойско-кайнозойский магматизм, включая современный, Африки, Южной Америки и дна Атлантического океана. 4. Мощности осадочного чехла Африки, Южной Америки и дна Атлантического океана. 5. Разломная тектоника Африки, Южной Америки и дна Атлантического океана. 6. Зональность дна Атлантического океана. 7. Геофизические характеристики (например, расположение осей магнитных аномалий, сейсмичность) дна Атлантического океана. 8. Вспомогательные слои: географические и иные названия, расположение станций наблюдений и скважин бурения и т.п. Для каждого из перечисленных разделов составляется легенда

В основу макета тектонической карты центральной части Атлантического океана в масштабе должны быть положены результаты интерпретации спутниковых альтиметрических данных (Sandwell, Smith, 1997) и данных многолучевой батиметрии. Проведенное автором сопоставление разномасштабных альтиметрических карт, основанных на различных гридах, с участками дна, на которых проводилась многолучевая батиметрическая съемка и с Генеральной батиметрической картой ГЕБКО (General ..., 1980). показало превосходную сходимость альтиметрии с батиметрией и геологическими данными для подводных гор и поднятий, рифтовой зоны, трансформных разломов и даже отдельных геологических тел в пределах шельфов (например, Фритаунский габбровый массив). Их надо использовать с осторожностью для объектов размеры которых сопоставимы с гридом альтиметрии для отдельных сложно построенных участков (например: выделение медианных хребтов, структур ориентированных под углами к прости-

ранию САХ, отдельных депрессий в пределах гребневой части САХ, выделении контуров подводных гор в пределах их групп). Несмотря на эти недостатки альтиметрические карты должны лежать в основе любых тектонических построений для океанической коры в масштабах мельче 1 : 3 000 000.

Важным элементом при создании компьютерной тектонической карты должна быть *база геолого-геофизических данных* по экваториальной Атлантике, которая является одной из составных частей ГИС-технологий (Черемисина и др., 1996). Остановимся на этом вопросе более подробно.

Геолого-геофизические исследования в Атлантике проводятся в течение многих десятков лет, во время которых были собраны (и продолжают поступать) огромные массивы информации, содержащие сведения о рейсах научно-исследовательских судов и полученных результатах. За последние два десятка лет в мировой практике однозначно наметился сдвиг в сторону хранения данных не на жестких носителях (специальные ленты, бумага), а в цифровой форме – на магнитных носителях различного типа (флоппи-диски, стриммеры, магнитные ленты на катушках большого диаметра и т.п.). Более того, уже стремительно происходит переход на оптические диски и иные немагнитные носители подобного типа, которые отличает более высокое качество записи и практически неограниченное во времени хранение информации. Применение цифровых записей позволяет, как известно, резко ускорить обработку материалов при несравнимом увеличении качества.

Анализ (Kunte, 1995) состояния дел с мировыми базами данных, показал, что из 7500 существующих (и доступных любому исследователю) баз по геологии только 110 (1,5%) относятся к морской геологии и из них 25 размещено на CD-ROM (например база данных по глубоководному бурению), 32 (29%) имеют библиографический характер, 78 (71 %) по своему существу содержат только те или иные численные значения. В заключении упомянутого обзора делался вывод о необходимости организации баз данных содержащих тексты (например – описание пород) и более специализированных, а также региональных. Опыт работы Лаборатории геоморфологии и тектоники дна океанов Геологического института РАН в Internet показал, что в открытом доступе имеется обширная информация по землетрясениям, по гравиметрии, данные в области вулканологии, в меньшем количестве можно найти данные о станциях драгирования или трубок, описание пород или осадков. Так, например, известная база данных по геохимии пород – Petros содержит данные о 35000 анализов пород, включая океанические, однако отсутствие точных координат делает ее мало пригодной для картографии.

Судьба геолого-геофизических данных, собранных научными судами Советского Союза, а теперь и Российскими весьма различна. Часть находится в банках

данных типа МЦД-Б, но практически закрыта для широкого пользователя, часть безвозвратно утеряна, часть опубликована только в отчетах полузакрытого характера и частично тоже утеряна, часть, по всей видимости, небольшая, опубликована в статьях и монографиях, но часто исключает использование информации повторно, без обращения к первичным данным. Например, НИС “Академик Николай Страхов” за 10 лет был в 19 рейсах и на его борту была собрана огромная информация о строении Атлантического океана, Средиземного моря, в меньшей степени Тихого океана. Отсутствие специальных условий хранения, а часто и самих носителей для переписывания данных, начало приводит к потере данных первых рейсов и только специальные усилия в течение года позволили сохранить геофизическую информацию на лазерных дисках. Все вышеперечисленные обстоятельства привели автора к необходимости создания “настойной” базы данных в стандартном пакете программ Access 2.0, которая могла бы быть пригодной для обработки и систематизации информации по тектонике Атлантического океана. Огромная роль в сборе информации принадлежит С.Ю.Соколову. При создании базы была поставлена задача – собрать и систематизировать геолого-географическую информацию для получения возможности проводить компьютерный анализ строения тех или иных объектов, делать выборки тех или иных пород как при помощи разнообразных признаков, так и по географическим координатам.

В первом приближении созданная база состоит из 6 виртуальных блоков информации, которые по характеру данных можно условно разделить на: “Список объектов”, “Общий блок”, “Точки наблюдений”, “Объекты исследования”, “Результаты”, “Вспомогательный блок”

“Список объектов” был создан на базе двух справочников (Агапова и др., 1993; ГАЗЕТИР..., 1997), а также информации переданной из подкомиссии ЮНЕСКО и содержит наименования около 5000 географических объектов в глубоководной части Мирового океана, которые были утверждены подкомиссией ЮНЕСКО по географическим названиям. При создании дизайна этой части базы данных автор пользовался консультациями Г.В.Агаповой. В подготовке соответствующей таблицы огромная работа была проделана К.О.Добролюбовой. Из общего списка объектов была сделана соответствующая выборка, содержащая названия объектов, расположенных в пределах координат района.

“Общий блок” объединяет таблицы “История исследований”, “Объемы работ” и “Участники исследований”. Здесь хранятся данные справочного характера, которые могут быть использованы при исторических исследованиях, отчетах, при подготовке экспедиций или при поиске контактов с непосредственными исполнителями тех или иных работ. Блок “Точки наблюдений” включает таблицы “Станции” и “Скважины”. Первая позволяет получить данные о номере и положении стан-

ции, характере проведенных работ, глубинах и общие сведения о результатах. Помимо этого специально разработанная система кода станции включает данные о рейсе, его номере и году, а также тип работ (трубка, дночерпатель и т.п.). Для драгировок приводятся наиболее общие данные о типах поднятых пород (базальт габбро и т.п.), объеме полученного материала и специальные примечания (потеря драги и т.п.). Общий объем информации включает данные примерно о 3500 станциях. Вторая представляет собой выборку данных из базы бурения DSDP-ODP, которая была специально адаптирована при участии С.Ю.Соколова к настоящей базе. Она включает информацию о положении скважины, ее номере, глубину на забое и возраст древнейших пород и глубину воды. Вся инженерная или техническая информация исключена. Блок “Объекты исследования” предоставляет возможность выбрать тот или иной объект для анализа на двух уровнях. Первый – разломы, рифт, подводные горы, острова. Второй – склон рифтовой долины, медианный хребет и т.п. Основные сведения об островах Атлантического океана оформлены отдельной таблицей в которой можно найти сведения о названии острова, его площади, высочайшей вершине и т.п., а также геологическую информацию. Блок “Результаты” содержит данные о возрастах пород как в акватории, так и на суше и в перспективе должен содержать сведения о результатах лабораторных обработок (химический состав, редкие земли и т.п.). “Вспомогательный блок” содержит расшифровку кодов, а также терминологический словарь (около 400 терминов) по тектонике дна океана.

В созданной базе была сосредоточена довольно обширная информация, с общим объемом примерно в 40 Мб, которая имеет единый стержень, позволяющим из набора таблиц сделать любые выборки, составить отчеты (например собрать все сведения о трансформ-

ном разломе Кейн) разнообразного оформления и назначения. Работа с базами данных показала, что географическая привязка объектов обеспечивает решение поставленной задачи. Вместе с тем, известно, что количество безымянных объектов многократно превышает названные. Для решения этой проблемы была разработана система кодов, которая позволяет, с определенными оговорками, привязать любой объект в пределах Срединно-Атлантического хребта или абиссальных котловин. По мере обновления “топонимического каркаса” система кодов может быть легко исправлена. За пределами нашего внимания остались названия, которые были предметом самостоятельного творчества разных экспедиций или экипажей судов.

Для Атлантического океана за основу взяты разломные зоны (код – FZ), многие из которых протягиваются через весь океан, разделяя его на протяженные субширотные области (рис.3.1). Каждый из разломов имеет или привязку по широте или собственное географическое наименование. В первом случае они получают сокращенное наименование (код) типа nN(S)_FZ, где n – градус северной (N) или южной (S) широты. Например: 10N_FZ – разлом десятого градуса северной широты. Замена в этой же схеме аббревиатуры FZ на DZ (discontinuity zone) позволяет назвать и эти объекты. Для разломов с собственными названиями схема остается аналогичной – DLD_FZ (разлом Долдрамс, AR_FZ – разлом Архангельского).

Добавление дополнительного символа позволяет осуществить привязку к активной (AP – active part) или пассивной (PP – passive part) частям разлома. Аббревиатура FZ может быть удалена, т.к. поиск будет успешным и без нее. Например: 10N_PP – пассивная часть разлома десятого градуса северной широты. Добавление еще одного дополнительного символа позволяет закодировать положение любого объекта восточнее (E)

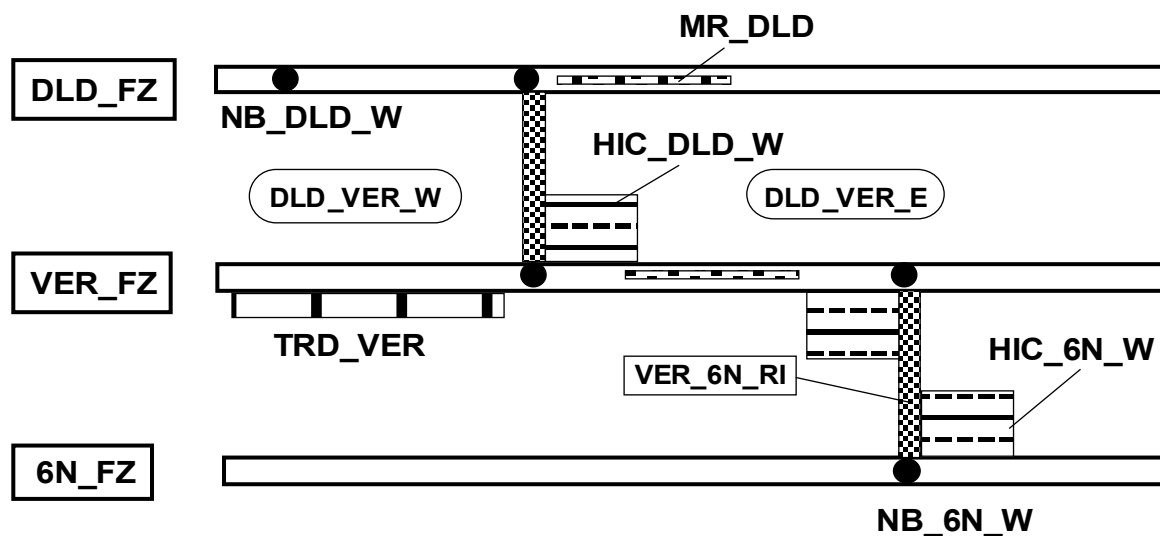


Рис. 3.1. Схема формирования символов для базы данных. Условные обозначения см. Рис.1.1. Описание индексов в тексте.

или западнее (W) оси хребта. Например: 10N_PP_W – пассивная часть разлома десятого градуса северной широты западнее оси хребта. При разработанной схеме получают наименования и все сегменты рифта, а также весь блок океанической коры расположенный между разломами. Так рифтовая зона между разломом Долдрамс и разломом Архангельского получает код DLD_AR_RI, а весь блок – DLD_AR. В последнем случае если он расположен восточнее или западнее рифта, то DLD_AR_E (W) соответственно. Теоретически можно указывать и расстояние от оси спрединга DLD_AR_100E, т.е. объект расположенный в 100 км восточнее рифта зона между разломом Долдрамс и разломом Архангельского. Подобным же образом оформлено кодирование островов. Например: CV_BO_IS (остров Боавишта в архипелаге Островов Зеленого Мыса – Кабо Верде), CNRI_TN_IS (остров Тенерифе в архипелаге Канарских островов). Для одиночных островов (например остров Вознесения). символ упрощается – ASC_IS. Позиция точек с отбором пород на островах показана условно по координате центра острова, что отмечено в примечании. Это связано с отсутствием координат обнажения, однако, при получении данных о координатах, они могут быть легко введены в базу.

Для объектов более высокого уровня, особенно в пределах разломных зон, также разработаны коды. Западная (восточная) нодальная впадины разлома Долдрамс – NB_DLD_W(E); поперечный хребет разлома Романш – TRD_ROM; медианный хребет разлома Атлантис – MR_ATL; западное (восточное) внутренние угловые поднятия разлома Зеленого Мыса – HIC_W(E)_CV; западное (восточное) внешние угловые поднятия разлома Страхова – OC_W(E)_STR. Возможности программы предоставляют возможность вводить любое количество кодов в зависимости от поставленных задач. Общая схема создания и расшифровка кодов оформлена отдельной таблицей. Там же содержатся коды пород (BS – базальт, LS – известняк и т.д.). Для таблицы с возрастными использованы коды базы данных по бурению. Краткость символов имеет и еще одно приращение. Их можно использовать на рисунках, схемах и даже в тексте, что избавляет от сложных конструкций. Например, вполне допустимо в ряде случаев, словосочетание “нодальная впадина, расположенная в области сочленения разлома Долдрамс с южным сегментом рифтовой долины” заменить на “NB_DLD_E”. Во всяком случае в научной литературе широко развиты сокращения типа MAR, FZ, CAX и т.п.

Созданная база данных полностью совместима с программами типа Surfer 6.0 или с более мощными пакетами в операционной среде UNIX, а также пригодна

для работе в сетевом режиме. Любая информация сопровождается ссылкой на источник, из которого она была получена. В сочетании с другими базами данных или матрицами, содержащими данные о рельефе, альтиметрии, магнитометрии и т.п. она представляет собой мощный инструмент, который позволяет проводить многоплановый анализ тектонического строения экваториальной части Атлантического океана. База может расширяться как путем присоединения данных по новым регионам, так и добавления массивов информации (после определенной подготовки) о составе пород, минералогических или иных характеристиках.

3.4. Синтез

1. Накопленный сотнями экспедиций разных стран фактический материал по геологии, багитметрии, различным геофизическим характеристикам позволяет ставить вопрос о начале создания обзорных цифровых карт геологического содержания нового поколения на крупные регионы Атлантического океана с целью создания обшей карты всего океана.

2. Обзорные карты геологического содержания нового поколения должны представлять собой цифровые многослойные конструкции иллюстрирующими особенности рельефа тех или иных участков дна, геофизические характеристики (расположение магнитных аномалий, эпицентров землетрясений и т.п.), мощности осадочного чехла, а также тектоническое строение прилегающих частей континентов. Они должны отражать в отдельных слоях (на листах) фактический геолого-геофизический материал по тому или иному району океана и прилегающих континентальных районов (географические названия, положение станций, скважин, прокладки движения судов, расположение подводных гор и т.д.) Подобные серии карт должны издаваться как в виде многоцветных листов, так и на современных носителях информации типа лазерных дисков. В идеальном варианте для океана должен быть создан мультимедийный макет карты, который позволял бы исследователю быстро переходить от региональных образов к средне-, а затем и крупномасштабным полигонам.

3. Создание тектонических карт нового поколения на основе компьютерных технологий возможно только при организации разнообразных баз геолого-геофизических данных. Последние должны содержать координатные привязки станций наблюдений, результаты (например, геохимию пород) исследований, сведения о рейсах и иную информацию, которая должна быть объединена по географической привязке объекта.