

О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ОКЕАНОВ

Проф. В. В. БЕЛОУСОВ

Одним из узловых вопросов современной геологии является вопрос о геологической природе океанических впадин. Если геологическое строение континентов нам известно в результате непосредственных наблюдений, то изучение геологии областей, скрытых под мощной толщей воды, естественно, встречает огромные затруднения. Наши соображения о строении земной коры под океанами могут основываться лишь на косвенных данных и сопоставлениях. Мы не должны поэтому удивляться, если в этой проблеме обнаруживаем большие и острые разногласия.

Многие геологи стоят на точке зрения резкой геологической обособленности континентов и океанического дна. Они утверждают, что океаны и континенты представляют собой первичные формы структуры Земли, обладающие совершенно различной природой и разной историей. Особое распространение эта концепция получила в Новом Свете.

Геологи европейской школы в большинстве своем держатся противоположного взгляда, полагая, что строение и развитие земной коры под континентами и океанами не имеют принципиальных различий.

Решение этого спора приобретает исключительно большое значение, если принять во внимание, что водой покрыто свыше семи десятых поверхности Земли. Пока мы не ответили на вопрос, едина ли или различна геологическая природа океанов и континентов, мы, очевидно, вовсе не можем себе составить сколько-нибудь полного представления о внутреннем устройстве нашей планеты и об истории ее развития.

До недавнего времени, пока сведения о распределении глубин в океанах были еще очень недостаточны, исследователи пытались решать вопрос о строении океанического дна,

основываясь главным образом на данных геофизических измерений (сейсмических и гравиметрических).

В последнее время все чаще прибегают к другому методу, основанному на анализе рельефа океанического дна, предполагая, что особенности этого рельефа подскажут решение интересующего нас вопроса. Этот метод стал возможным лишь после того, как современная океанография обогатилась достаточно точными и полными батиметрическими картами. В настоящей статье мы намерены как раз заняться рассмотрением с этой точки зрения некоторых основных форм рельефа океанического дна.

Но прежде чем приступить к выполнению нашей задачи, следует убедиться в доброкачественности избранного метода, в том, что путем изучения распределения глубин мы действительно можем приблизиться к пониманию его геологического строения.

В свое время Э. Зюсс широко применил „орографический“ метод к изучению геологии континентов. В основу было положено предположение о совпадении горных цепей со складчатыми зонами и равнинных областей—с платформами. Действительно, мы знаем, что смятие в складки сопровождается поднятием земной коры и формированием на месте смятой зоны возвышенного рельефа. Опираясь на эту закономерность, Зюсс пытался своим методом выяснить распределение на поверхности Земли складчатых зон и платформ.

Этот метод не может считаться вполне достоверным, так как возвышенная область на поверхности Земли всегда подвергается интенсивному размыву, быстро искажающему ее первоначальную форму, а подчас и полностью уничтожающему ее. Поэтому судить по рельефу континентов

о распределении на их территории зон вздымания земной коры чрезвычайно опасно: некоторые из таких зон, будучи глубоко размыты, могут совершенно ускользнуть от нашего внимания, другие же вследствие того же размыва изменят свое направление и свои очертания.

Еще затруднительнее будет наше положение, если мы попытаемся тем же орографическим методом установить распределение на поверхности континентов зон прогибания земной коры. Дело в том, что прогибание коры на материках и в мелком море (в пределах шельфовой области) обязательно сопровождается накоплением осадков, что почти или полностью компенсирует прогибание, так как эти осадки заполняют образующуюся впадину. В итоге, впадины на месте прогибания коры не образуются, и то, что здесь имело место прогибание, мы можем установить, лишь констатируя большую мощность (толщину) накопленных осадков.

Отсюда необходимо сделать вывод, что в условиях континентов поверхностные явления размыва и накопления осадков значительно искажают первичные результаты вертикальных движений земной коры.

Совершенно иные условия встречаются нас на дне океана. Размыв атмосферными водами прекращается, как только мы с материка спускаемся до уровня моря. В зоне шельфа — в мелком море с глубинами до 200 м, происходит интенсивный донный размыв, вызванный волновыми колебаниями частиц воды. Но глубже 200 м явления размыва практически вовсе отсутствуют, и возникающему там рельефу с этой стороны не грозит никакой опасности.

Аналогично проявляет себя и процесс отложения осадков. Впадина, возникшая в результате прогибания земной коры на континенте, быстро (в геологическом масштабе времени) заносится продуктами разрушения соседних возвышенностей. Еще более интенсивно идет процесс накопления осадков в мелком море — в зоне шельфа: здесь прогибание коры настолько быстро компенсируется

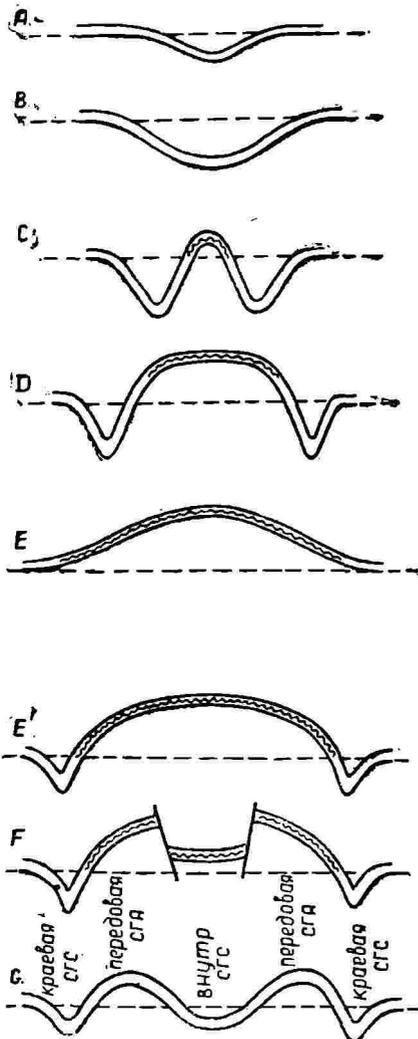
накоплением осадков, что оно почти никогда не сказывается в рельефе дна. Но как только мы покидаем шельф и переходим в зону континентального склона и абиссальных глубин, мы наблюдаем несравнимо более слабый процесс седиментации, который на больших глубинах практически сходит на-нет. Поэтому, если на дне океана происходит прогибание земной коры, оно должно вести к образованию впадины, форма и размеры которой всецело определяются тектоническим движением коры и не испытывают никакого заметного искажения со стороны процесса накопления осадков.

Вывод ясен: в отличие от континентов и шельфов, дно океанов в своем рельефе должно сохранять первичный результат тектонических вертикальных движений земной коры, не измененный ни размывом, ни накоплением осадков. Поэтому тот орографический метод, который для континентов сомнителен, для океанов является вполне достоверным.

Познакомимся теперь, в целях подготовки к стоящей перед нами задаче, с общей схемой последовательности тектонических движений на Земле, так как без знания этой схемы невозможно было бы по наблюдаемому сейчас конечному результату судить о предыдущем геологическом развитии местности. Современная геология дает следующую схему развития основных тектонических процессов.

История Земли распадается на циклы, построенные по сходному общему плану. Наиболее изученными являются последние три цикла — каледонский, герцинский и альпийский. Первый из них соответствовал кембрийскому и силурийскому периодам, второй — охватывал время с девона до пермского периода включительно, а последний продолжался с триасового периода до четвертичного. В каждом цикле поверхность Земли расчленена на геосинклинали и платформы. Последние имеют округлые или неправильные очертания, тогда как геосинклинали обладают вытянутой формой поясов или зон.

В геосинклинали цикл явлений начинается с прогибания земной коры, которое становится постепенно все более интенсивным и захватывает все более широкую зону (фиг. 1, А—В). На некоторой стадии наступает „инверсия геотектонического режима“, которая выражается в образовании на месте осевой части геосинклинали интенсивного поднятия — цен-



Фиг. 1. Развитие колебательных движений в геосинклиналях. Стадии А и В — погружение геосинклинали; С — инверсия; D — разрастание центральной геоантиклинали; E — горное поднятие без „предгорных впадин“; E' — то же с „предгорными впадинами“; F — обрушение „овала оседания“; G — распределение субгеосинклиналей и субгеоантиклиналей на месте бывшей геосинклинали. СГА — субгеоантиклиналь; СГС — субгеосинклиналь.

тральной геоантиклинали (фиг. 1, С). В дальнейшем наблюдается сочетание двух одновременных процессов: 1) продолжающегося погружения и расширения всей геосинклинали и 2) разрастания и поднятия центральной геоантиклинали, как бы вложенной внутрь геосинклинали. Взаимное наложение этих двух процессов ведет к тому, что по обеим сторонам расширяющейся центральной геоантиклинали сохраняются зоны прогибания земной коры, постепенно раздвигающиеся (фиг. 1, С—D). Но внутреннее поднятие преобладает над общим погружением и последнее постепенно вытесняется первым, в результате чего окраинные зоны погружения становятся все более узкими.

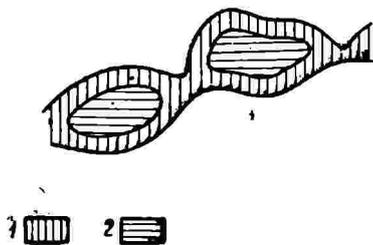
В зоне центральной геоантиклинали слои в несколько приемов (фаз) сминаются в складки, и здесь же образуются гранитные интрузии. Таким образом, на основе геосинклинали к концу цикла возникает складчатая зона.

Цикл развития геосинклинали заканчивается большим поднятием земной коры. Последнее либо полностью поглощает всю ширину бывшей зоны погружения (бывшей геосинклинали, так как следует считать, что с прекращением общего прогибания земной коры геосинклиналь отмирает), либо, что случается чаще, на перифериях поднятия сохраняются узкие зоны прогибания земной коры — краевые субгеосинклинали (они часто называются „предгорными впадинами“) (ср. фиг. 1, E и E'). После этого на месте бывшей геосинклинали наблюдается складчатая зона и крупное горное поднятие.

Наступает эпоха „макроколебаний“, занимающая переломное время между концом одного цикла и началом следующего. В эту эпоху на фоне интенсивного общего поднятия в результате растяжения земной коры происходит ее растрескивание. По трещинам магма выливается на поверхность, и вдоль трещин образуются многочисленные вулканы. Те же трещины, отделяя полностью некоторые участки земной

коры, способствуют их обрушению. Образование глубоких „овалов оседания“ на фоне общего вздымания коры весьма типично для этой эпохи (фиг. 1, F). Наиболее часты обрушения в центральных частях поднятий, где вздымание земной коры было максимальным, тогда как периферические части горного поднятия, менее поднявшиеся, обычно уцелевают от обрушения. Последнее, однако, в ряде случаев вовсе может не проявиться, и тогда весь процесс ограничится вздыманием земной коры.

На фиг. 1 возникающие в результате всех перечисленных движений структуры показаны в разрезе. Уже отмечалось, что в плане геосинклинали имеют форму поясов или зон. Последние обладают тенденцией распадаться на примыкающие один к другому овалы, в связи с чем геосинклираль по своему простираению то расширяется, то суживается (фиг. 2). Эта



Фиг. 2. Участок геосинклинали в плане. Внешний контур—границы геосинклинали; 1—горные поднятия (передовые субгеоантиклинали); 2—овалы оседания.

четковидная форма наследуется горным поднятием, рождающимся из геосинклинали, а когда поднятие усложняется овалами оседания, последние приурочиваются к внутренним частям эллиптических расширений. В результате в эпоху макроколебаний создается картина горных дуг, соответствующих периферии первоначального горного поднятия и опоясывающих внутренние овалы оседания. В качестве примеров можно указать на дуги Карпат и Динарских гор, окаймляющих венский овал оседания или на дуги Копет-Дага и Южноиранских цепей, ограничивающих иранский срединный овал оседания.

Платформы развиваются в течение цикла протее геосинклиналей. Сначала они испытывают сравнительно незначительное опускание земной коры, заканчивается же для них цикл общим поднятием, которое также обладает гораздо меньшей интенсивностью, чем горные поднятия на месте геосинклиналей. Складчатость носит здесь зачаточную форму, гранитных интрузий не образуется, а поверхностные вулканические излияния редки и незначительны. Обычным является расчленение платформ на области низших порядков, испытывающие медленные поднятия и опускания друг относительно друга. Такие участки относительного поднятия и опускания называются соответственно субгеоантиклиналями и субгеосинклиналими. Медленные дифференциальные движения земной коры в субгеосинклиналих и субгеоантиклиналях составляют по отношению к упомянутым выше общим опусканиям и поднятиям платформы в течение цикла частные явления: платформа целиком опускается и поднимается со всеми включенными в нее субгеосинклиналими и субгеоантиклиналями.

После макроколебаний начинается новый цикл с нового прогибания геосинклиналей. Но от цикла к циклу происходят изменения в плане распределения геосинклиналей и платформ на поверхности Земли за счет того, что некоторая часть территории, занятая в предыдущем цикле геосинклиналими, становится теперь областью платформ. Площадь последних, таким образом, постепенно увеличивается. Новые участки платформ несут в себе субгеосинклинали и субгеоантиклинали, причем существует закономерность, связывающая эти вновь образующиеся зоны с расположением бывшей геосинклинали (фиг. 1, G). На месте „предгорных впадин“ сохраняется медленное прогибание земной коры (краевые субгеосинклинали); на перифериях заключительного поднятия формируются субгеоантиклинали, т. е. зоны медленного поднятия (передовые субгеоантиклинали); на месте же центральной части бывшей геосинклинали, где в

эпоху макроколебаний обычно большое поднятие и обрушения овалов оседания, возникают субгеосинклинали, называемые нами внутренними. Для последних типично распадение на отдельные эллипсы, соответствующие овалам оседания.

В качестве примера укажем Урал. Здесь в течение герцинского цикла существовала геосинклинальная зона, ось максимального прогибания которой проходила по, так называемому, Тургайскому проливу (меридиональная низменность между Уралом и горным Казахстаном). В конце герцинского цикла (карбон-пермь) на месте геосинклинали возникло горное поднятие, максимум которого снова соответствовал Тургайскому проливу. У подножья его сохранялись краевые субгеосинклинали: предуральская с одной стороны и джезказганская — с другой. На фоне горного поднятия произошло обрушение овалов оседания. С начала альпийского цикла вся зона уральской геосинклинали стала платформой и причленилась к ранее существовавшей русской платформе. Этот новый платформенный участок оказался разделенным на субгеосинклинали и субгеоантиклинали в соответствии с указанной выше закономерностью: по перифериям, на месте „предгорных впадин“, сохранились краевые субгеосинклинали, дальше внутрь обнаруживаются горные хребты Уральский и Улу-Тау, представляющие собой в тектоническом отношении передовые субгеоантиклинали и соответствующие окраинам существовавшего в конце герцинского цикла большого горного поднятия; наконец, в центре располагается „внутренняя субгеосинклиналь“, совпадающая с осями бывшей геосинклинали, горного поднятия и овалов оседания герцинского цикла.

Мы будем называть послегерцинскими субгеосинклинали и субгеоантиклинали, возникшие после отмирания герцинской геосинклинали, т. е. существующие с начала альпийского цикла. Аналогичным образом следует называть послекаледонскими те субгеосинклинали и субгеоантиклинали, которые существуют с начала герцин-

ского цикла и образовались после превращения каледонской геосинклинали в платформу.

Раз образовавшись, платформа сохраняется в течение всей последующей геологической истории. При этом отмечается исключительная устойчивость плана распределения субгеосинклиналей и субгеоантиклиналей. Проходят циклы, платформа испытывает неоднократные общие опускания и поднятия земной коры, она то заливаема морем, то осушается, а внутреннее расчленение ее на области медленных относительных поднятий и опусканий низшего порядка сохраняется в одном и том же виде.

Все перечисленные вертикальные движения коры, если они происходят в зоне мелкх морей или на материках, неизбежно сопровождаются явлениями накопления (в областях опускания) и размыва (в зонах поднятия), которые всегда стремятся выравнять рельеф. Исключение составляет эпоха макроколебаний, когда вздымание и происходящие на его фоне обрушения проявляют себя столь бурно, что размыв и накопление почти не успевают нивелировать поверхность, и в эту эпоху на поверхности Земли создается резкий рельеф.

Мы уже знаем, что на дне океанов все вертикальные движения должны выражаться в рельефе в чистом виде и в полном размере.

Циклы представляют собой явления планетарного масштаба: во всех геосинклиналях и на всех платформах циклы проходят почти в точности синхронно, и, таким образом, в каждый данный момент вся земная поверхность переживает какую-либо определенную стадию цикла.

Последнее установлено на основании изучения истории современных континентов. Но если исходить из предположения, что геологическая природа континентов и океанов сходна, то естественно распространить закон синхронности и на океаны. Следовательно, мы должны предположить, что сейчас дно океанов находится в той же стадии геотектонического цикла, что и современные континенты. Отсюда, зная стадию, переживаемую

сейчас континентами, мы можем предугадать, какие именно структурные единицы можно найти на дне современных океанов.

Наблюдения на континентах показывают, что сейчас мы переживаем эпоху макроколебаний, следующих за альпийским тектоническим циклом. Отсюда проистекают все характерные черты современной эпохи: высокое стояние континентов, которые в другие эпохи были в значительной степени покрыты морем, резкий рельеф, большое развитие вулканов, землетрясения, связанные с перемещением отдельных глыб земли, разбитой глубокими трещинами.

Какие же основные структурные формы наблюдаются в нашу эпоху на поверхности Земли? Очевидно, те, которые вообще характерны для эпохи макроколебаний. Геосинклиналей сейчас на земной поверхности нет, так как те, которые существовали в альпийском цикле, закончили свое развитие, а новые еще не начали образовываться. Сейчас могут наблюдаться зоны интенсивного вздымания земной коры на месте бывших альпийских геосинклиналей — альпийские горные поднятия: последние усложнены часто овалами оседания; рядом с горными поднятиями мы можем видеть интенсивно прогибающиеся краевые субгеосинклинали („предгорные впадины“); наконец, на месте платформ альпийского цикла существуют

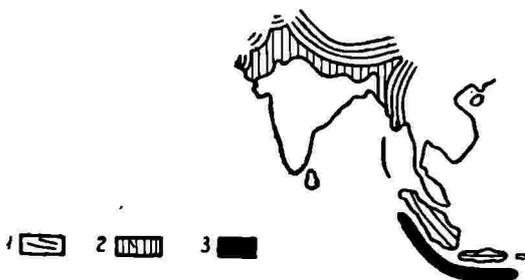
ные элементы и следует искать на дне современных океанов.

Чтобы проверить наши предположения и ориентироваться на дальнейшее, попытаемся прежде всего проследить какие-нибудь из перечисленных структурных единиц в том месте, где они переходят с континента в океан.

На фиг. 3 дана схема юго-восточной Азии. На ней видно, что у южных подножьев Гималаев располагается индо-гангская депрессия. В тектоническом отношении она является типичной краевой субгеосинклиналью или предгорной впадиной: здесь земная кора испытывала и испытывает до сих пор интенсивное прогибание, компенсированное накоплением осадков, мощность которых очень велика. Горная цепь, возникшая на основе альпийской геосинклинали, тянется из Гималаев в Бирму и отсюда на Суматру и Яву. И вот тут у южного подножья гор на дне океана мы обнаруживаем длинные впадины, вытянутые вдоль побережья Суматры и Явы. Эти впадины углублены по сравнению с соседними участками дна на 3—4 км. Не подлежит сомнению, что мы имеем дело с продолжением той же индо-гангской краевой субгеосинклинали, но если на континенте она выполнена осадками, то здесь накопления осадков не было, результат тектонического прогибания коры сохранен для нас в своем первоначальном виде и выражен в рельефе дна.

Следовательно, уже первая попытка оказывается удачной и подтверждает, что на дне океанов повторяются континентальные структурные единицы и что там сохраняется первичный тектонический рельеф.

Подобные узкие сильно вытянутые в длину и глубокие впадины, называемые часто „впадинами Мейнеса“, широко распространены в океанах, где они занимают закономерное место — на внешней стороне „островных дуг“. Такие впадины окаймляют дуги Алеутских, Курильских, Японских, Филиппинских, Марианских островов, а также островов Тонга, Кермадек, Антилских, Южно-Сандвичевых (фиг. 9).

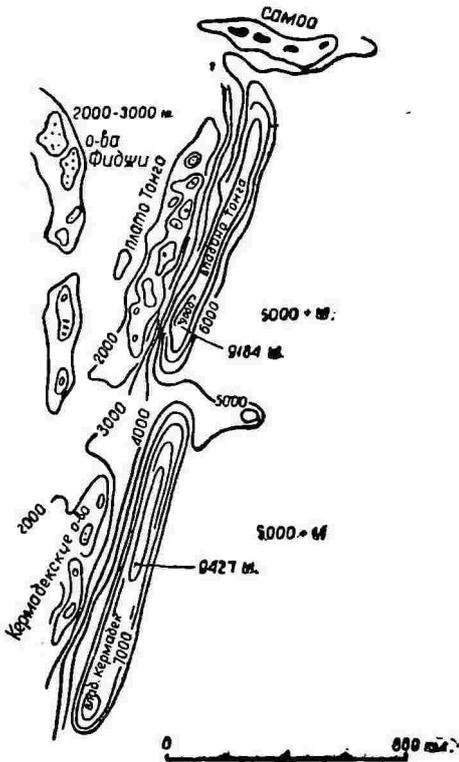


Фиг. 3. Часть юго-восточной Азии. 1—альпийские горные поднятия; 2—краевые субгеосинклинали, заполненные осадками (индо-гангская депрессия); 3—впадина в дне океана.

субгеосинклинали и субгеоантиклинали.

Вот эти перечисленные структур-

С морфологией впадин Мейнеса можно познакомиться по более подробной схеме впадины Кермадек и Тонга (фиг. 4). Мы видим, что эти



Фиг. 4. Впадины Тонга и Кермадек. Глубины в метрах.

углубления, имеющие не более 150 км в ширину, прогнуты по сравнению с соседними участками дна более чем на 4 км.

Островные дуги представляют собой частично затопленные водами океана внешние цепи горных областей, возникших из геосинклиналей альпийского цикла. Это — передовые субгеоантиклинали по принятой нами терминологии. Поэтому все впадины Мейнеса должны рассматриваться как краевые субгеосинклинали. Последнее подтверждается тем, что не только зондская впадина имеет свое продолжение на континенте: например, впадина, опоясывающая антильскую дугу, продолжается на материке на территории Венецуэлы в „бассейне Ориноко“, где мы видим типичную

краевую субгеосинклиналь, заполненную осадками.

Превращение лишенной осадков океанической впадины в „предгорную впадину“, заполненную мощными осадками, происходит при переходе не только из океана на материк, но и с глубокого моря в область мелководья: кермадекская впадина не протягивается к югу вдоль Новой Зеландии, хотя последняя представляет собой окраину альпийской горной цепи, подобную островам Тонга и Кермадек; но достаточно бросить взгляд на батиметрическую схему, чтобы увидеть причину этого: у берегов Новой Зеландии мы попадаем в область малых глубин, т. е. в зону накопления осадков (фиг. 5). Краевая субгеосинклиналь здесь продолжается, но она выполнена осадками и поэтому в рельефе дна не сказывается. Как только, двигаясь дальше на юг, мы минуем этот мелкий участок дна и снова попадаем в область больших глубин, впадина в рельефе дна опять обнаруживается, так как мы снова оказываемся в области, где накопления осадков почти не происходит.

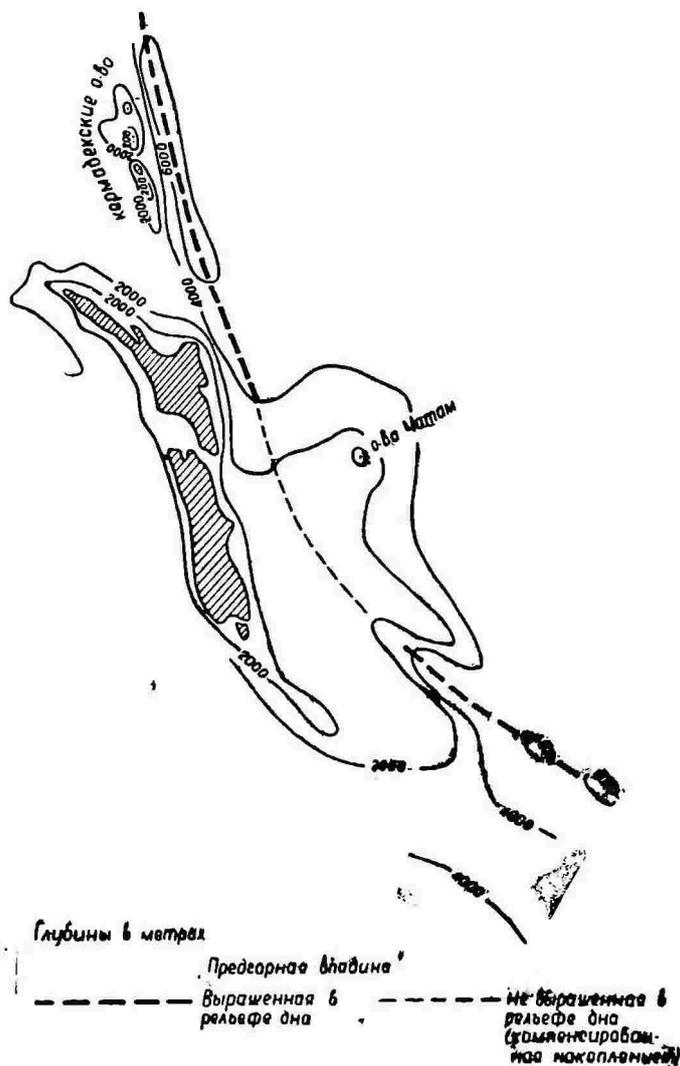
Обратимся теперь к сравнению континентальных и океанических структур другого типа.

Африка, кроме горной области на крайнем севере (Атлас), и Южная Америка, кроме цепи Анд, представляют собой альпийские платформы. Они расчленены на субгеосинклинали и субгеоантиклинали (фиг. 6). Первые представляют собой участки относительного погружения земной коры, компенсированного соответствующим большим накоплением осадков. Вторые являются зонами относительного поднятия и несут на себе менее мощный покров осадков.

Если мы обратимся теперь к батиметрической схеме Атлантического океана (фиг. 6), то увидим на дне его ряд крупных впадин. Сопоставляя размеры их и характер очертаний с обликом субгеосинклиналей соседних континентов, мы получаем полную уверенность, что в обоих случаях имеем дело со структурами одного типа. Но если на континентах прогибание земной коры компенсировано

осадками, то на дне океана этого нет и там тектонический рельеф сохранился в своем первоначальном виде. Отсюда мы заключаем, что тектони-

стично рассмотрен выше. Между Африкой и Южной Америкой мы наблюдаем на широком пространстве субгеосинклинали и субгеоантиклинали



Фиг. 5. Схема глубины близ Новой Зеландии.

ческие условия Африки и Южной Америки распространяются и на дно Атлантического океана и в этом примере мы снова находим подтверждение нашим предположениям о геологическом единстве материков и океанов.

Теперь нетрудно будет подвергнуть общему беглому рассмотрению геологическую структуру океанических депрессий (фиг. 9).

Атлантический океан ча-

на основе платформы альпийского цикла. Аналогичная структура дна океана наблюдается и севернее.

Неподалеку от восточного берега Северной Америки протягивается на материке цепь Аппалачских гор. Она возникла в конце палеозоя из геосинклинали герцинского цикла. Современный Аппалачский хребет соответствует западной периферии герцинского горного поднятия. Внутренняя

часть его располагалась восточнее, и там, на месте максимального вздымания земной коры, завершившего развитие герцинской геосинклинали,



иг. 6. Атлантический океан и прилегающие континенты. 1—альпийские горные поднятия; 2—альпийские овалы оседания (некоторые); 3—альпийские субгеоантиклинали; 4—альпийские субгеосинклинали; 5—глубины от 0 до 4000 м; 6—глубины от 4000 до 5000 м; 7—глубины свыше 5000 м.

образовались с начала альпийского цикла, когда вся эта зона стала платформой, внутренние субгеосинклинали. К территории внутренней субгеосинклинали принадлежит примыкающая к океану Пьедмонтская низменность. Несомненно, что эта субгеосинклиналь распространяется на некоторое расстояние и под воды Атлантики, что подтверждается распределением глубин (фиг.6).

То же строение характеризует Мексиканский залив. Он также представляет собой послегерцинскую внутреннюю субгеосинклиналь, возникшую на месте центральной зоны герцинского горного поднятия. Сохранившаяся периферическая часть герцинской складчатой цепи (передо-

вая субгеоантиклиналь) окаймляет Мексиканский залив с севера.

Со стороны Европы к Атлантическому океану точно так же подходит альпийская платформа, расчлененная на субгеосинклинали и субгеоантиклинали. Несомненно, что и здесь подобная структура распространяется на большое расстояние по дну океана. Например, Бискайский залив является затопленным продолжением аквитанской субгеосинклинали.

Особый интерес представляет срединный вал Атлантического океана, хорошо видимый на схеме глубин. Этот вал тянется вдоль всего океана по его оси с севера на юг, от Исландии до самых южных пределов, где он поворачивает на восток и огибает с юга Африку. Глубина воды над валом колеблется между 2 и 3 км, но местами падает до 1 км, тогда как по обе стороны его глубина увеличивается до 5—6 км. К валу приурочивается ряд островов: Исландия, Азорские, св. Павла, Вознесения, св. Елены, Тристан да-Кунья, Диего-Альварес, а в месте поворота вала на восток также Линдси и Буве.

Геологическая природа этого вала вызывала многочисленные разногласия. Сейчас для нас не подлежит сомнению, что этот вал представляет собой мощное вздымание земной коры на месте закончившей свое развитие геосинклинали альпийского цикла, т. е. мы имеем дело с горным поднятием, гомологичным таким молодым горным цепям, как Альпы, Кавказ, Гималаи и т. п.

Что является подтверждением этой точки зрения?

Острова, расположенные на валу, имеют вулканическую природу. Можно установить, что вулканы эти возникли в третичное время, т. е. в конце альпийского цикла. Мы видели выше, что когда геосинклиналь заканчивает свое развитие и наступает эпоха макрокосебаний, земная кора на месте своего наибольшего вздымания растрескивается и на поверхность изливается магма. Эта схема как раз подходит к данному случаю.

К сказанному следует добавить, что на севере Англии, на Шпицберге-

не и на восточном побережье Гренландии обнаруживается складчатость альпийского возраста. В перечисленных областях она носит окраинный характер, а в центральных частях северной Атлантики она должна быть более интенсивной.

Следовательно, в течение альпийского цикла в средней части Атлантического океана приблизительно в меридиональном направлении протягивалась геосинклиналь, ограниченная с востока и запада платформами, расчлененными на субгеосинклинали и субгеоантиклинали. С окончанием цикла и наступлением эпохи макроколебаний (в конце третичного периода) на месте геосинклинали произошло интенсивное поднятие земной коры, сопровождавшееся расколами и вулканическими излияниями. Так как поднятие вала происходило на дне океана и вал не подвергался размыву, поверхность его, надо полагать, относительно ровная и не похожа на поверхность горных цепей, расположенных на континентах и глубоко и сложно изрезанных эрозией.

Следовало бы ожидать существования по периферии срединного вала Атлантики узких впадин Мейнса — краевых субгеосинклиналей. Пока мы их не знаем здесь. Возможно, что причина лежит в недостаточной изученности рельефа дна. Но можно допустить, что они вовсе не сохранились, так как и на континентах в некоторых случаях краевые субгеосинклинали близ горных поднятий отсутствуют: поднятие настолько интенсивно развивается, что захватывает и зоны краевых субгеосинклиналей.

Долгое время предполагали, что альпийские складчатые цепи Средиземноморья протягиваются поперек Атлантического океана и непосредственно соединяются с альпийскими же складками Антильских островов.

Теперь известно, что это не так. Складчатая зона Средиземного моря замыкается дугой в районе Гибралтарского пролива и дальше на запад не продолжается. Точно так же и острова Центральной Америки образуют замкнутую дугу, связывающую горные цепи северной Венецуэлы

через Антильские острова со складками Гондураса и Гватемалы.

Караибское море, лежащее внутри антильской дуги, представляет собой типичный молодой овал оседания, образовавшийся в недавнее время на месте большого горного поднятия земной коры, завершившего здесь развитие альпийской геосинклинали. Антильские острова и Венецуэльские Анды соответствуют периферии этого поднятия (передовая субгеоантиклиналь).

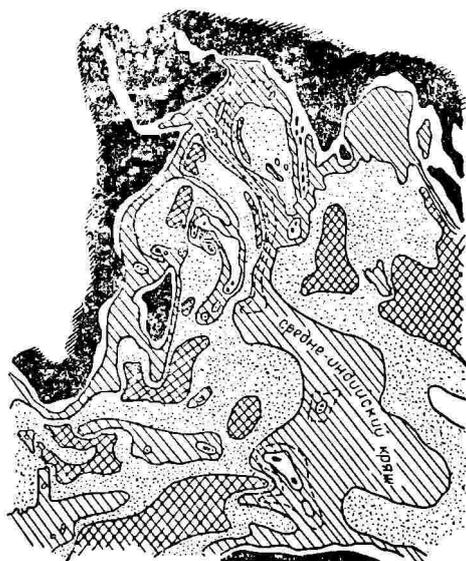
Ту же природу имеет и западная часть Средиземного моря. Этот молодой овал обрушения, сформированный в конце третичного периода, со всех сторон окружен горными цепями (Аппенины, Сицилия, Атлас, Риф, Бетские Кордильеры, цепь Баlearских островов, Провансальские горы, Приморские Альпы), по своему строению соответствующими, подобно Антильским островам, периферии альпийского горного поднятия.

Индийский океан. Этот океан имеет много общего в своем строении с Атлантикой (фиг. 7). Как и там, в средней части океана протягивается приблизительно в меридиональном направлении от Аравии через острова Мальдивские, Чагос, Амстердам к острову Кергелен и дальше к Антарктике широкий и высокий подводный вал. Приуроченные к этому валу острова имеют в большинстве случаев вулканическое происхождение. Едва ли могут возникнуть сомнения в том, что происхождение Среднеиндийского кряжа такое же, как и срединного вала Атлантики, т. е. что и здесь, рассекая океан на две части, протягивалась в течение альпийского цикла геосинклиналь, которая, закончив свое развитие, породила крупное вздымание коры. То, что мы имеем здесь дело с альпийской складчатой цепью, подтверждается молодыми складками полуострова Оман (юго-восточная Аравия), являющимися продолжением океанического вала на континенте. Другим подтверждением являются узкие длинные впадины на дне океана, обнаруженные у подножья Среднеиндийского кряжа в Аравийском море и к западу от

острова Чагос. Это—типичные впадины Мейнеса. Мы уже знаем, что они являются краевыми субгеосинклиналями и их место как раз там,

собой раздробленные, подвергнутые частичному обрушению передовые субгеоантиклинали, а внутренние моря (Берингово, Охотское, Японское, Восточнокитайское, Банда, Целебесское, Сулу) имеют ту же геологическую природу, что и Караибское море, т. е. являются молодыми овалами оседания, осложнившимися собой центральные части альпийских горных поднятий.

Альпийская складчатая зона занимает в этой части Земли обширную площадь. С юга и юго-запада она ограничена Гималаями, Бирмой, Суматрой, Явой, Новой Гвинеей и Новой Зеландией, а с северо-востока — Камчаткой, островами Курильскими, Японскими, Марианскими, Бисмарка, Соломоновыми, Фиджи, Тонга, Кермадекскими (фиг. 9). От Новой Зеландии хорошо выраженный подводный вал тянется к Южной Земле Виктории (Антарктика). Мы имеем перед собой в этом случае продолжение альпийского горного поднятия, не усложненного овалами оседания,



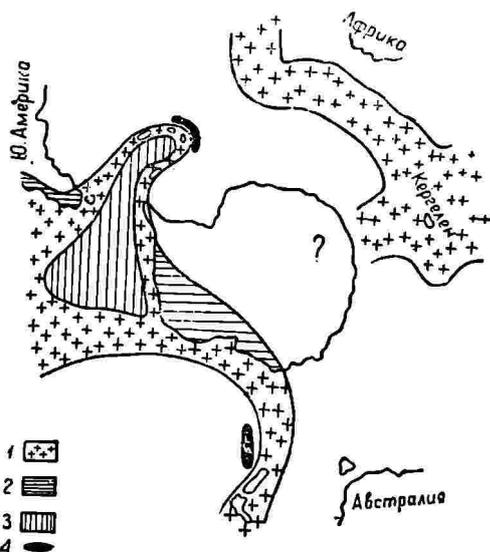
Фиг. 7. Рельеф Индийского океана.

1—материки и острова; 2—глубины до 2000 м; 3—глубины от 2000 до 4000 м; 4—глубины от 4000 до 5000 м; 5—глубины свыше 5000 м.

где они обнаружены: у подножья горного поднятия. Наконец, следует отметить, что через острова Крозе, принца Эдуарда и Буве вал Индийского океана соединяется с валом Атлантики, что указывает на родственность этих образований.

За пределами срединного вала дно Индийского океана представляет собой платформу с впадинами и выпуклостями, соответствующими субгеосинклиналям и субгеоантиклиналям.

Тихий океан. Тихий океан изучен значительно хуже Атлантического и Индийского. Лучшее всего известно распределение глубин в западной части океана — в области островных дуг. Отчасти эта область нами уже рассматривалась выше. Глубокие узкие впадины Мейнеса, как выяснено, являются краевыми субгеосинклиналями. Островные дуги представляют



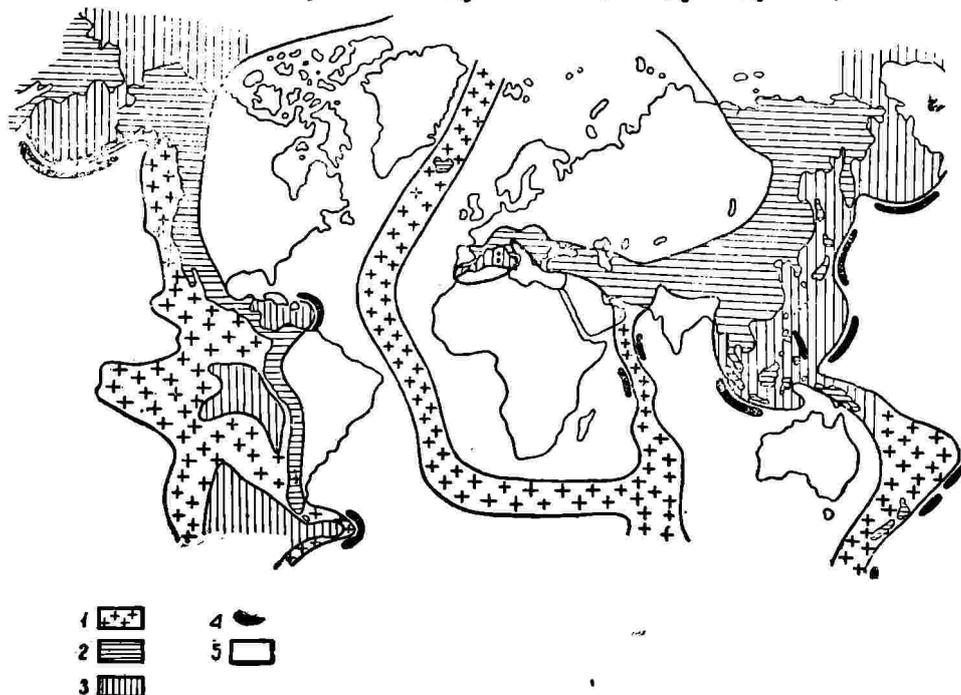
Фиг. 8. Структура Антарктики и прилегающих областей. 1—альпийские горные поднятия на дне океана; 2—альпийские горные поднятия на континентах; 3—альпийский овал оседания; 4—глубокие впадины в дне океана.

в противоположность области, лежащей между Азией и Австралией.

Картия ставится более запу-

танной в области, расположенной между Антарктикой и Южной Америкой. От Южной Земли Виктории горное поднятие разделяется на две ветви. Одна пересекает Антарктику, выходит из-под ледяного покрова последней на земле Грейама и через дугу Южносандвичевых островов соединяется с цепью Анд. Другая от островов Баллени в виде широкого подводного вала тянется на северо-восток к плато Альбатрос. Между

океанского побережья Южной, Центральной и Северной Америки тянется на материке горная цепь Анд и Кордильер, образовавшаяся в современном виде из альпийской геосинклинали. Характер строения этой цепи свидетельствует, что мы имеем здесь дело главным образом с восточной половиной складчатой зоны тогда как западная ее половина должна быть погружена под воды океана; следует думать, что этой за-



Фиг. 9. Структурная схема океанов. 1—альпийские горные поднятия на дне океана; 2—альпийские горные поднятия на континентах; 3—альпийские овалы оседания (в пределах океанов и морей); 4—краевые субгеосинклинали, выраженные в рельефе дна; 5—альпийские платформы.

двумя этими ветвями обнаруживается обширная эллиптическая впадина. Можно думать, что в этом юго-восточном углу Тихого океана альпийское горное поднятие сильно расширяется, захватывая область от Антарктики и Южносандвичевых островов до плато Альбатрос включительно, и осложняется огромным овалом оседания (фиг. 8).

Такое объяснение согласуется с тем, что можно предполагать относительно строения дна Тихого океана в полосе, примыкающей к американскому матерiku. Вдоль всего Тихо-

топленной части горного поднятия соответствует зона меньших глубин, примыкающая к континенту. В этом случае область больших глубин, располагающуюся между Южной Америкой и плато Альбатрос, мы должны считать овалом оседания.

Остается центральная наименее изученная часть Тихого океана с ее базальтовыми вулканическими островами Кука, Товарищества, Самоа, Гавайскими и многочисленными коралловыми островами Микронезии. В сторону этой центральной части океана обращены краевые субгеосинк-

линали (впадины Мейнеса) западной и северной частей океана. С востока она окаймлена рассмотренным выше альпийским горным поднятием Америки. Все это свидетельствует о том, что средняя часть Тихого океана является альпийской платформой. Такому толкованию не противоречат наличие многочисленных вулканических островов, так как излияния базальтов происходят и на платформах, как это наблюдалось, например, в разные эпохи в Индии, в Африке, у нас на Сибирской платформе, в Южной Америке. Расположение вулканических островов параллельными грядами с ВЮВ на ЗСЗ показывает, что платформа подверглась раскалыванию в этом направлении.

В предыдущем изложении мы не пытались решить все вопросы геологии океанов. Нашей целью было лишь показать применимость „баиметрического“ метода к изучению тектонического строения океанического дна. При этом нас интересовало лишь современное строение океанов и его зависимость от распределения альпийских платформ и геосинклиналей. Более отдаленной историей океанов мы пока не занимались и она, конечно, не может быть выяснена тем же методом.

Очень часто проблему геологической природы океанов пытаются решать, основываясь на составе горных пород, слагающих дно океана. Наблюдения над быстротой распространения сейсмических волн, позволили установить, что в то время, как дно Атлантического океана сложено, подобно континентам, гранитом, дно центральных частей Тихого океана образовано базальтом и сиалическая оболочка Земли здесь имеет разрыв. В этом обстоятельстве видели не только признак особой геологической природы Тихого океана, но и причину постоянства этой океанической впадины: предполагалось, что более тяжелый базальтовый участок коры стремится постоянно занимать более низкое положение.

В. И. Вернадский недавно указал, что мы значительно больше прибли-

зились к правильному толкованию явлений, если в данном случае помеем местами причину и следствие.

В самом деле, сейчас известно, что граниты представляют собой сложное образование, являющееся результатом воздействия некоторых глубинных веществ на осадочную и метаморфическую оболочку Земли. Гранитная магма не поднимается в готовом виде из подкорковых недр планеты. Оттуда в земную кору проникают некоторые высокоактивные летучие продукты (K, Na, H, SiO₂ и др.), вступающие в своеобразное химическое взаимодействие с осадочными и метаморфическими породами, в результате чего последние „гранитизируются“.

Но представим себе, что какой-то участок Земли лишен осадочных пород. Тогда поднятие веществ-гранитизаторов останется втуне и граниты здесь не возникнут. Отсюда следует, что если центральная часть Тихого океана всегда была океаном и поэтому лишена осадков, то там граниты не могли образоваться. С этой точки зрения не отсутствие гранитов обуславливает океаническую впадину, а, наоборот, отсутствие гранитной оболочки предопределяется океаническим режимом, тогда как образование океанической депрессии вызывается какой-то более общей причиной.

Большой интерес неоднократно возбуждал вопрос о причинах частого расположения островов дугами. Происхождение последних в свете сказанного ясно. Оно тождественно происхождению горных дуг на континентах.

Подведем итоги. Применение баиметрического метода приводит к убеждению, что на дне океанов земная кора совершает те же вертикальные тектонические движения, что и на континентах. Как и на континентах, в океанах существовали и геосинклинали, и платформы, развивавшиеся по тем же законам, которые установлены наблюдениями на материках. Следовательно, в основе своей геологическая природа океанов и материков одна и та же и

тектоническое развитие нашей планеты идет едиными путями на всей ее поверхности.

Создается впечатление, что значение всей проблемы в геологической литературе было отчасти преувеличено. Континенты и океаны представляют собой лишь крупные неровности на поверхности Земли, формы ее рельефа. Всё геологическое различие между ними обуславливается тем, что континенты и мелкие моря подвержены размыву и накоплению осадков, тогда как океаническое дно лежит вне сферы действия этих процессов. Границы же между материками и океанами в этом смысле случайны и определяются количеством воды, имеющейся на Земле и скопившейся в депрессиях на ее поверхности. К этому можно прибавить, что с точки зрения рассматриваемых здесь вопросов, размыв, перенос и отложение осадков представляют собой вторичные явления, связанные с наличием атмосферы и воды. В отношении планет, вполне сходных с Землей по своему тектоническому развитию, но лишенных атмосферы и воды, проблема континентов и океанов, очевидно, существовать не может.

Мы не знаем пока причины образования на поверхности Земли столь крупных неровностей, определивших расчленение ее на континентальные выступы и океанические впадины. Во всяком случае причина эта лежит не в обособленной геологической природе тех и других: грубое искривление земной поверхности должно обуславливаться какими-то более общими факторами. Сейчас можно лишь поставить вопрос, насколько такие крупные формы рельефа Земли устойчивы и насколько они могут переходить, со временем, одна в другую. Мы знаем, что океаны от цикла к циклу частично разрастаются за счет обрушения овалов оседания. Так, в недавнее время к океанам присоединились такие овалы оседания, как Караибское море и внутренние моря восточной и юго-восточной Азии. Кроме того, наличие под Атлантическим океаном гранитного слоя, хотя и бо-

лее тонкого, чем на современных материках, свидетельствует, в свете изложенных выше соображений, что дно Атлантического океана когда-то было местом мощного отложения осадков и, следовательно, принадлежало к поверхности континента или было мелким морем. Таким образом, превращение континента в океан в истории Земли имело место. Достоверных же следов обратного процесса мы пока не знаем и здесь остается неясность, хотя следует принять во внимание, что следы такого обратного процесса трудно отыскать, поскольку на дне океана не происходит существенного накопления осадков и поэтому не остается свидетелей океанического периода жизни того или иного участка, сейчас составляющего часть континента.

Несомненно, что на долю будущих океанических геологов, которые спустятся в пучины в усовершенствованных батисферах и будут изучать геологию океанов с помощью геологического молотка, выпадет возможность сделать открытия, которые могут потрясти основы наших геологических представлений. Например, на континентах мы никогда не видим наиболее поверхностных слоев земной коры в зонах, подвергнутых складчатости и горному поднятию, так как эти слои всегда уничтожены размывом. Мы думаем сейчас, что смятие слоев в складки происходит на значительной глубине внутри земной коры, тогда как близ поверхности слои не сминаются и тут предполагается лишь общее их вздымание, сопровождаемое, быть может, растрескиванием. На дне океанов эти поверхностные слои можно было бы наблюдать, и результаты таких наблюдений будут исключительно важны для понимания механизма образования складок.

Далее, наблюдениями на дне океана можно будет решить вопрос о значении накопления осадков в тектонических явлениях. Геосинклинали, историю которых мы узнаем, изучая геологические разрезы на континентах, при своем прогибании заполняются мощными толщами слоистых осадоч-

чных пород. Позже эти осадки, так же как и породы, лежащие в их основании, сминаются в складки. Будет ли наблюдаться и в какой форме смятие в складки пород „фундамента“, если прогибание геосинклинали не сопровождается накоплением осадков?

Наконец, какой процесс заменяет образование гранитов там, где нет осадков? Несомненно, что в соответствующей стадии цикла летучие активные вещества поднимаются из недр и на дне океана. Но не находя здесь осадочной или метаморфической оболочки, они не могут вызвать

гранитизацию. На что тратится в таком случае их энергия? Изучив этот вопрос, мы осветили бы чрезвычайно сложную проблему гранитообразования.

Здесь перечислены лишь немногие вопросы из тех, которые поставят перед собой когда-нибудь океанологи. Но это дело будущего. Сейчас же наша задача состоит в детальном изучении рельефа океанического дна для более полного выяснения выраженных в этом рельефе тектонических форм, и этот путь может привести к освещению многих вопросов геотектоники.
