

УДК 550.834.53

СЕЛИВЕРСТОВ Н. И.

СТРОЕНИЕ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ И АЛЕУТСКОЙ ОСТРОВНЫХ ДУГ ПО ДАННЫМ НЕПРЕРЫВНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Введение

В основу работы положены результаты исследований методом непрерывного сейсмического профилирования (НСП), выполненных летом 1981 г. в 12-м рейсе НИС «Вулканолог». После проведения этих работ район, включающий акваторию Камчатского залива, северное окончание Курило-Камчатского и северо-западный участок Алеутского глубоководных желобов, северную часть возвышенности Обручева, подводную часть Командорского блока Алеутской островной гряды и южный участок Командорской котловины, впервые был изучен методом НСП по системе галсов, носящей характер площадной схемы (рис. 1). В работе использованы также данные предыдущих рейсов НИС «Вулканолог» для прибрежных акваторий и опубликованные профили НСП 13-го рейса НИС «Пегас» [1]. Указанные на рис. 1 профили, отработанные экспедицией ТОИ ДВНЦ АН СССР на НИС «Каллисто» в 1979 г., не были использованы из-за неудовлетворительной привязки этих профилей.

Прежде чем приступить к изложению полученных результатов, кратко остановимся на некоторых вопросах интерпретации первичных материалов, поскольку речь идет о районе с разнообразными, чаще всего чрезвычайно сложными условиями для проведения исследований методом НСП.

Основным объектом при исследовании методом непрерывного сейсмического профилирования в модификации центрального луча являются сравнительно пологие структуры осадочных толщ с незначительными углами наклона отражающих границ, как правило, до 10° , в благоприятных условиях до $15-20^\circ$. При больших углах наклона даже хорошо выдержанные по простираению отражающие границы выделить на записях НСП практически невозможно. В случае достаточно интенсивной тектонической раздробленности и расчлененности дна перестают прослеживаться даже горизонтально залегающие осадочные толщи, так как соответствующие им отражения подавляются интенсивными боковыми и дифрагированными волнами. В таких районах волновая картина на записях НСП приобретает вид последовательности слабокоррелируемых по соседним трассам растянутых цугов и часто воспринимается как поверхность акустического фундамента. Поскольку именно по этой поверхности при обработке данных НСП принято делать всевозможные структурные построения, необходимо помнить, что поверхность акустического фундамента в сложнопостроенных и тектонически активных районах может не только не соответствовать кровле каких-либо комплексов консолидированных пород, но и вообще не соответствовать реальным границам раздела. В этом случае геологический смысл выделе-

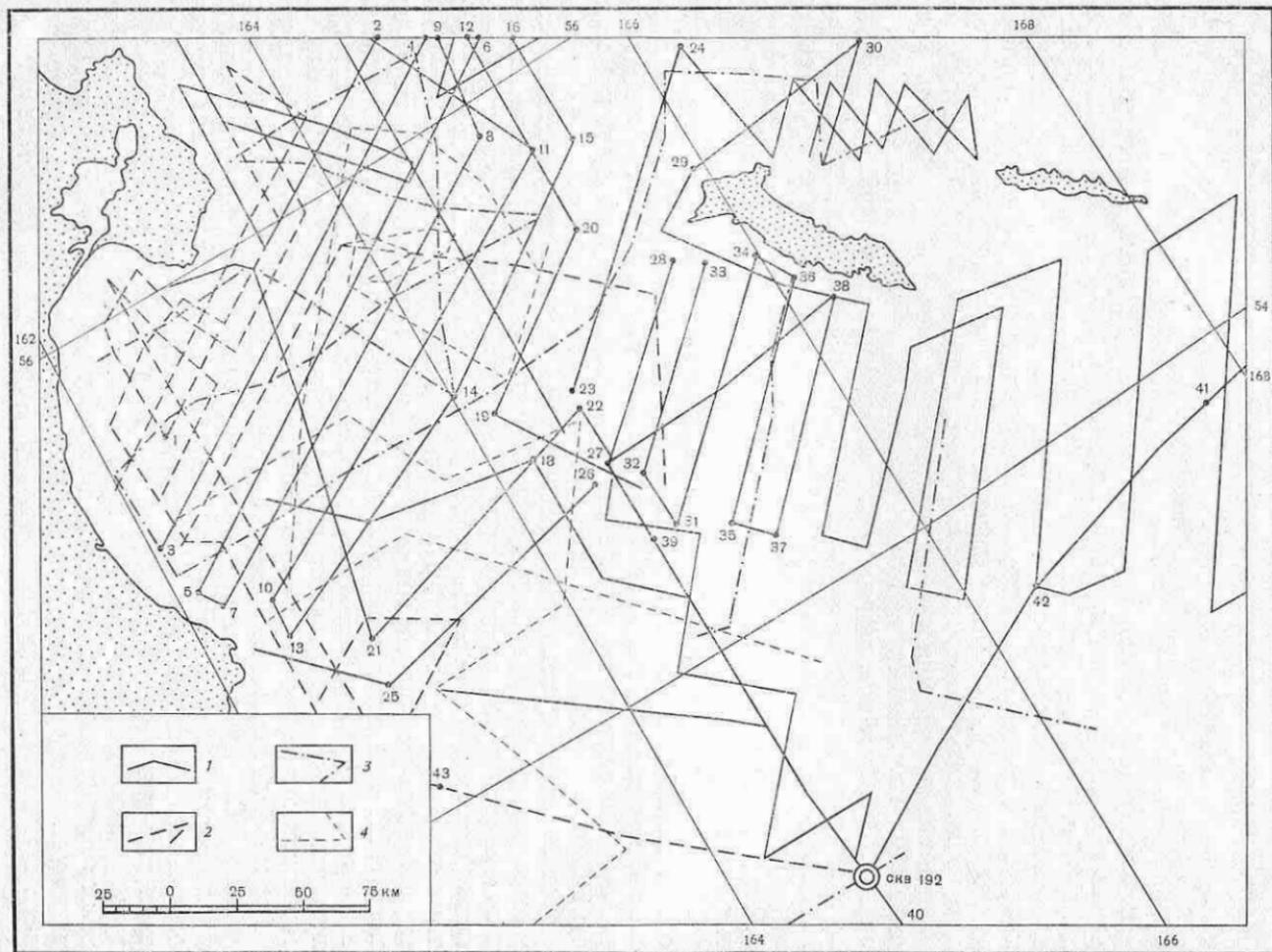


Рис. 1. Схема изученности зон сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг методом НСП (за период 1977—1978 гг.). 1 — профили НСП 12-го рейса НИС «Вулканолог» (1981 г.); 2 — профили НСП 2-го (1977 г.) и 6-го (1978 г.) рейсов НИС «Вулканолог»; 3 — профили НСП 13-го рейса НИС «Пегас» (1977 г.); 4 — профили НСП экспедиции ТОИ ДВНЦ АН СССР на НИС «Каллисто» (1979 г.). Цифрами пронумерованы характерные точки профилей, приводимых на рис. 2, 5 и 6

ния поверхности акустического фундамента состоит в возможности дать оценку минимальной мощности осадочных толщ, имеющих простую геометрию и незначительные углы наклона границ раздела, а также в получении осредненных характеристик рельефа подстилающих тектонических структур, которые могут быть сложены, в частности, такими же осадочными толщами, лишь более деформированными.

При обработке данных НСП, использованных в этой работе, была учтена неопределенность соответствия поверхности «акустического фундамента» каким-либо геологическим границам раздела в пределах тектонически активных структур, что отражено специальными обозначениями на приводимых разрезах и схемах для такого типа акустического фундамента, условно названного «тектоническим».

В пределах рассматриваемого региона находятся различные по сложности строения и тектонической активности участки земной коры. Для участков Тихоокеанской плиты и Командорской котловины характерно достаточно простое строение осадочного чехла, выдержанное по простираению на сотни километров. Глубоководным бурением геологически охарактеризованы осадочные толщи и установлено соответствие акустического фундамента кровле толеитовых базальтов, слагающих «второй океанический слой» земной коры. Остальные структуры рассматриваемого региона (к ним относятся северо-западный участок Алеутской гряды, континентальный склон в районе северного окончания Курило-Камчатского желоба, сопряженные с этим участком желоба тектоническая дуга и междуговой прогиб) на протяжении последнего этапа геологического развития отличались исключительно высокой тектонической активностью, характерной для этих структур и в настоящее время. Для перечисленных участков региона справедливы приведенные выше соображения об условности выделения акустического фундамента.

При построении схем мощностей осадков и глубин залегания акустического фундамента нами приняты значения скорости продольных волн в осадках 1,85 км/с. Это значение соответствует средней скорости для километровой толщи осадков в скв. 192 на возвышенности Обручева. Такое же значение скорости продольных волн получено нами с помощью сейсмического радиобуя в 500-метровой толще рыхлых отложений на континентальном склоне Камчатки. В глубоких прогибах с мощностью осадков 2 км и больше можно ожидать более высоких значений средних скоростей за счет уплотнения и обезвоживания нижних горизонтов. Поэтому приводимые на схемах значения глубины фундамента и мощности осадочного заполнения в этих прогибах следует рассматривать как минимальные и, следовательно, предполагать несколько большую морфологическую выраженность этих структур.

Для тонких линз современных осадков принятое значение скорости продольных волн может оказаться завышенным на 10—15%, но возможная ошибка в определении мощности этих линз и тем более глубины акустического фундамента не превышает допустимой ошибки для выбранного сечения изолиний.

Строение Алеутской гряды и ее обрамления

На рис. 2 приведена блок-диаграмма схематизированных временных разрезов НСП, характеризующих основные черты строения осадочных толщ и структуру верхней части разреза зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. С северо-востока к Алеутской гряде в пределах рассматриваемого района примыкает участок Берингово-морской плиты, слагающей дно Командорской котловины. На приводимых профилях этот участок плиты (коррелирующийся позициями 4, 10, 17, 32, 33, 41 и 58 на рис. 2) характеризуется стабильной глубиной дна (3500—3800 м) и малой изменчивостью в строении осадочного

чехла. Осадочный чехол здесь имеет двухъярусное строение. Верхний ярус мощностью 0,3—1,00 км отличается обилием протяженных отражающих горизонтов, простирающихся субгоризонтально на десятки километров. Нижний ярус мощностью 0,5—1,2 км представлен акустически прозрачными толщами, облекающими структуры акустического фундамента. Подобное строение осадочного чехла характерно и для северного участка Тихоокеанской плиты. По данным глубоководного бурения [8] верхний ярус осадочного чехла представлен турбидитным переслаиванием алевритистых глин, песчанистых алевритов, алевритистых песков и диатомовых илов, а нижний — уплотненными диатомитовыми и алевритовыми глинами. Поверхность акустического фундамента соответствует кровле толеитовых базальтов, которые датируются для Командорской котловины средним олигоценом (скв. 191) и верхним мелом для возвышенности Обручева (скв. 192).

С юго-запада плита Командорской котловины отделена от структур Алеутской гряды зоной разрывных нарушений (см. позиции 3, 9, 16, 31, 40, 66, 67 на рис. 2 и позицию 3 на рис. 3). Эта зона прослежена нами от континентального склона восточной Камчатки в районе мыса Столбовой до берингоморского склона о. Медный, и, вероятно, продолжается на юго-восток. На акватории Камчатского пролива рассматриваемая зона удивительно прямолинейна и морфологически выражена отрицательной формой рельефа, представляющей собой асимметричную тектоническую депрессию шириной до 10 км. Хотя глубина депрессии относительно прилегающих участков дна иногда достигает 2 км, а ее тальвег находится существенно ниже современного уровня турбидитного осадконакопления в Командорской котловине (см. профили 8—9 и 11—12 на рис. 2), осевая зона этой депрессии, как правило, заполнена лишь деформированными осадками без признаков горизонтальной слоистости, характерной для ненарушенных турбидитных толщ. Это обстоятельство указывает на современную тектоническую активность выявленной зоны. Как будет показано дальше, о современной активности этой зоны свидетельствуют также сейсмологические данные. Выявленную зону разрывных нарушений, являющуюся границей между Берингоморской плитой и структурами Алеутской гряды, можно отнести к структурам того же порядка, что и Алеутский глубоководный желоб, как по морфологической выраженности, так и по тектонической активности.

Юго-западной границей структур Алеутской островной гряды можно считать тектоническую ось Алеутского глубоководного желоба, которая на приводимых схемах соответствует осевой зоне тектонической депрессии с максимальной мощностью осадков (см. позиции 24, 47, 52, 61, 69, 77, 78, 84, 90 на рис. 2 и 2 на рис. 3) и разломам алеутского направления, которые, являясь как бы структурным продолжением Алеутского желоба, отсекают структуру Курило-Камчатского желоба и простираются на северо-запад, расчлняя континентальный склон Камчатки южнее мыса Африка (см. позиции 2, 6, 13, 25 на рис. 2). Таким образом, участок континентального склона Камчатского полуострова от мыса Столбовой до мыса Африка включительно в современном структурном плане относится к Алеутской островной гряде.

Алеутская островная гряда является сложнопостроенным сооружением, состоящим из серии вытянутых тектонических блоков. Наиболее крупные блоки ориентированы вдоль простиранья гряды и нарушены линейными тектоническими депрессиями. На продолжении Курило-Камчатского желоба структуры центральной части Алеутской гряды опущены и погребены толщами турбидитных отложений (см. профили 3—4 и 5—6 на рис. 2).

Строение блоков центральной части гряды (см. позиции 8, 15, 27, 28, 29, 36, 37, 49, 55, 56, 63, 64, 72, 81 на рис. 2) недоступно изучению методом НСП из-за больших углов наклона отражающих границ и, по-

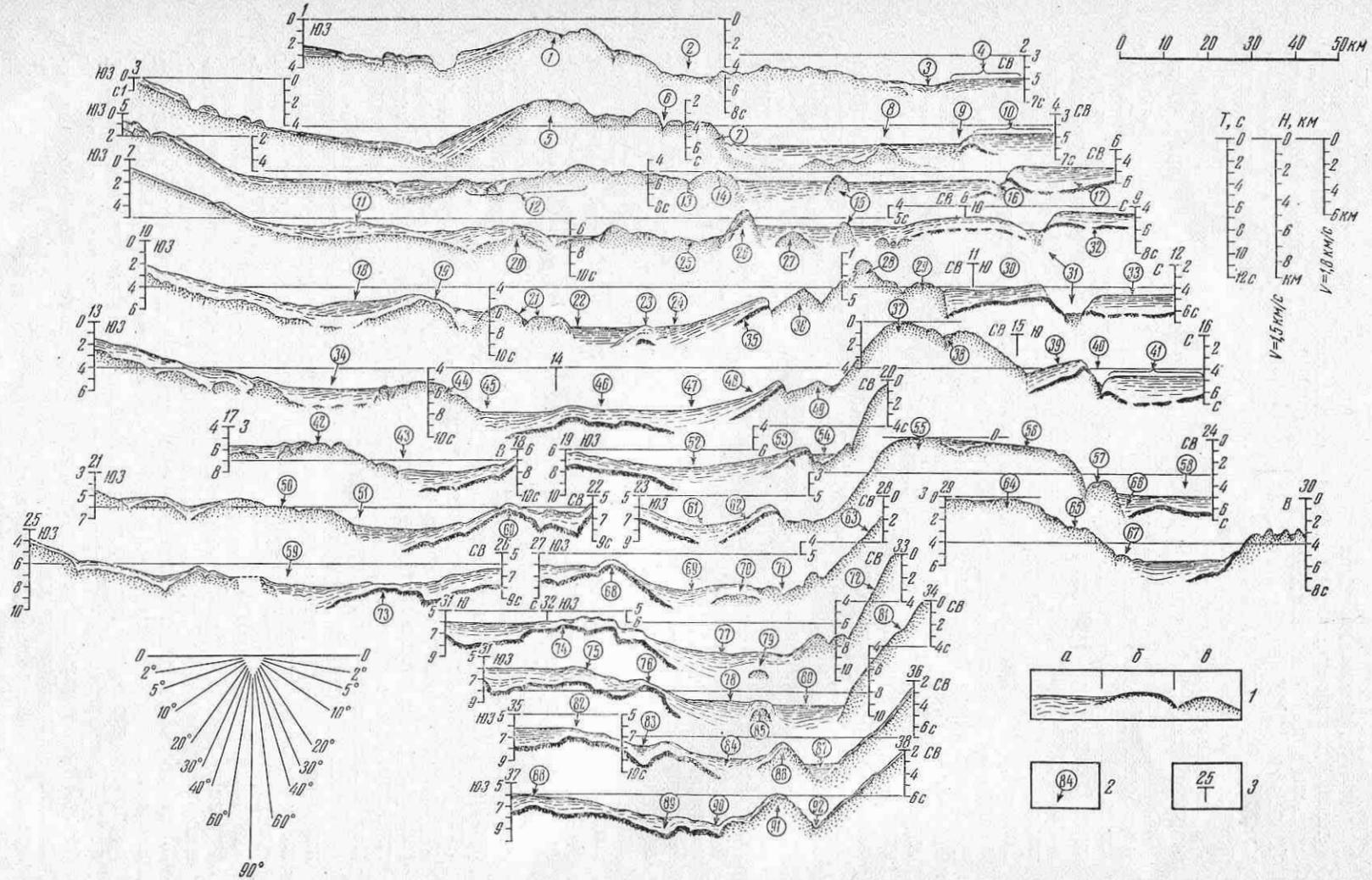
видимому, интенсивных деформаций и нарушений осадочных толщ. Блоки, слагающие основание берингоморского и тихоокеанского склонов гряды (соответственно позиции 30, 39, 57 и позиции 26, 35, 48, 53, 62, 70, 79, 85, 86, 91 на рис. 2), менее деформированы и слабо нарушены. На отдельных участках этих блоков довольно четко устанавливается строение осадочного чехла.

Тектонический блок земной коры, слагающий основание берингоморского склона Алеутской гряды (см. позиции 30, 39, 57 на рис. 2, позиция 4 на рис. 3) деформирован незначительно. Его тектоническая переработка сводится пока к наклону с углом $5-7^\circ$ под центральную часть гряды и «сплющиванию» осадочных толщ на юго-западном участке блока. Этот блок как бы запрокидывается со стороны Берингова моря и вдавливается в склон гряды. Примечательной чертой в строении этого блока является разрез осадочного чехла, который по свойствам волновой картины на записях НСП однозначно сопоставляется с разрезом южной части Командорской котловины.

Аналогичная картина наблюдается и на тихоокеанском склоне. Тектонический блок (см. позиции 35, 48, 53 на рис. 2 и 6 на рис. 3), слагающий основание тихоокеанского склона Алеутской гряды, по строению осадочного чехла сопоставляется с прилегающим участком Тихоокеанской плиты, от которой он отделен структурой Алеутского глубоководного желоба. В отличие от аналогичного блока на берингоморском склоне этот блок взброшен и, по-видимому, надвинут к центру гряды. Осадочные толщи и поверхность акустического фундамента в пределах этого блока наклонены на юго-запад под углом $10-13^\circ$; угол наклона увеличивается к северо-западу, достигая значений $20-22^\circ$ на профиле 7—9 (позиция 26, рис. 2); при этом выделение осадочных толщ на юго-западном склоне блока становится весьма затруднительным. На этом же участке профиля 7—9 видно, что этот блок в настоящее время «подпруживает» поступление турбидитов со стороны Берингова моря в Курило-Камчатский и Алеутский желоба, причем батиметрический перепад уровней превышает 1 км. На профилях 3—4 и 5—6 (см. рис. 2) рассматриваемый блок, коррелирующийся лишь по рельефу дна, слагает восточный склон подводного хребта Камчатского мыса.

Рассмотренный выше тектонический блок в основании тихоокеанского склона гряды не является исключением. Практически на всех профилях НСП, ориентированных вкрест Алеутского желоба в районе Командорских островов, зафиксирована аналогичная картина, причем на многих из этих профилей в пределах тектонических блоков у основания гряды довольно четко выявляется реликтовый осадочный чехол, сопоставимый с осадочным чехлом Тихоокеанской плиты (см., например, далее северо-восточное окончание профиля НСП на рис. 6, б).

Таким образом, мы приходим к выводу, что последний этап тектонического развития северо-западного участка Алеутской островной гряды состоял в отделении блоков океанической коры от прилегающих участков как Тихоокеанской, так и берингоморской плит и причленении их к структурам гряды. Считая этот процесс закономерным, мы вправе полагать, что серия тектонических блоков, слагающих центральную часть Алеутской гряды (см., например, позиции 15, 27, 28, 29, 36, 37 на рис. 2), отражает более ранние этапы развития гряды, которые аналогично последнему этапу состояли в отделении и тектонической переработке прилегающих участков Тихоокеанской и Берингоморской плит. В соответствии с этим северо-западный участок Алеутской островной гряды следует рассматривать как структуру, сложенную тектонически переработанными блоками океанической коры. Тектонические процессы в центральной части гряды достаточно активны и в настоящее время. Клиноформы и наклонный уровень дна в линзах современных осадков, заполняющих тектонические депрессии между отдельными



блоками центральной части гряды (см., например, позицию 38 на рис. 2), свидетельствуют о конседиментационных тектонических движениях этих блоков, продолжающихся до настоящего времени. На это же указывает сравнительно высокая сейсмическая активность гряды [7].

Северно-западный участок Алеутского глубоководного желоба является довольно сложной тектонической структурой. В ее пределах можно выделить центральную депрессию, по оси которой условно проведена тектоническая ось желоба (см. позицию 2 на рис. 3), и систему оперяющих депрессий, ответвляющихся от центральной под острыми углами как в сторону Алеутской гряды, так и в сторону Тихоокеанской плиты. По морфологической выраженности оперяющие депрессии часто сопоставимы с центральной, а по глубине дна иногда ее превосходят (см. позиции 71, 80, 87, 92 на рис. 2). Мощность слабонарушенных осадочных толщ на отдельных участках центральной депрессии превышает 2 км, а в оперяющих депрессиях достигает значений 1,5 км и более (рис. 4).

Ориентация оперяющих депрессий в пределах как островной гряды, так и прилегающего к Алеутскому желобу участка Тихоокеанской плиты, соотношение этих депрессий и разделяемых ими антиклинальных структур с центральной депрессией Алеутского желоба указывают на возможность существования правостороннего сдвига между структурами гряды и Тихоокеанской плитой, т. е. в конечном счете между Тихоокеанской и Берингоморской плитами.

Если следовать высказанной выше точке зрения о закономерной перестройке структурного плана северо-западного участка Алеутской гряды за счет приращения прилегающих участков океанической коры, возникновение современной структуры Алеутского глубоководного желоба должно соответствовать последнему этапу развития островной дуги, т. е. есть основания предполагать сравнительно молодой, по-видимому, четвертичный возраст этой структуры. На более ранних этапах развития структура глубоководного желоба (или ее тектонический аналог) находилась, по-видимому, ближе к центру современной дуги.

Участки Тихоокеанской плиты, прилегающие к Алеутскому и Курило-Камчатскому желобам в зоне их сочленения, осложнены сводовыми поднятиями, которые состоят из серии горст-антиклинорий с амплитудами поднятий фундамента, превышающими часто 1000 м (см. позиции 60, 68, 73—76, 82, 88 на рис. 2 и 9—11 на рис. 3). Горст-антиклинории, обрамляющие тихоокеанский склон Алеутского желоба, расположены кулисообразно и разделены депрессиями северо-северо-западного простирания, оперяющими центральную депрессию Алеутского желоба. Мощность осадков на антиклинальных структурах сводового поднятия, как правило, меньше, чем на прилегающих участках дна, в основном за счет сокращения мощности турбидитного слоя (см. рис. 4).

Рис. 2. Блок-диаграмма схематизированных временных разрезов НСП для зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. 1 — элементы схематизированного временного разреза, соответствующие: а — слабонарушенным толщам осадков, б — кровле второго океанического слоя, в — кровле «тектонического» фундамента; 2 — нумерация позиций профиля, на которые даны ссылки в тексте; 3 — характерные точки профиля, положение которых указано на рис. 1.

В правом верхнем углу приведена диаграмма перевода шкалы временного разреза T в глубину H при $V=1,5$ км/с для водной толщи и $V=1,8$ км/с для осадков

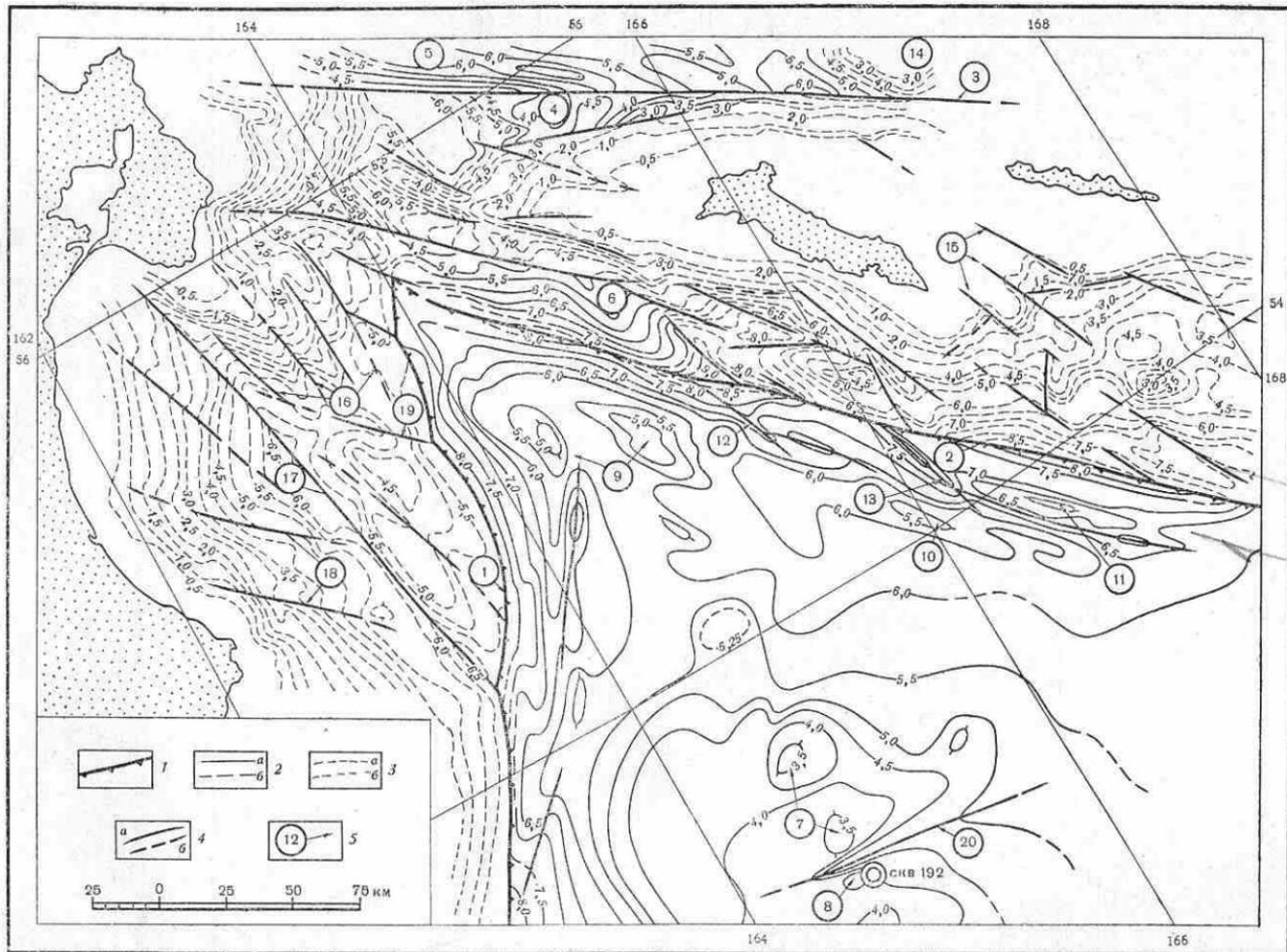


Рис. 3. Схема глубины залегания акустического фундамента. 1 — тектоническая ось желоба; 2 — изолинии глубины залегания кровли второго океанического слоя (а — установленные, б — предполагаемые); 3 — изолинии глубины залегания «тектонического» фундамента (а — установленные, б — предполагаемые); 4 — оси тектонических депрессий и уступы акустического фундамента, связанные с разрывными нарушениями (а — установленные, б — предполагаемые); 5 — нумерация структур, на которые даются ссылки в тексте

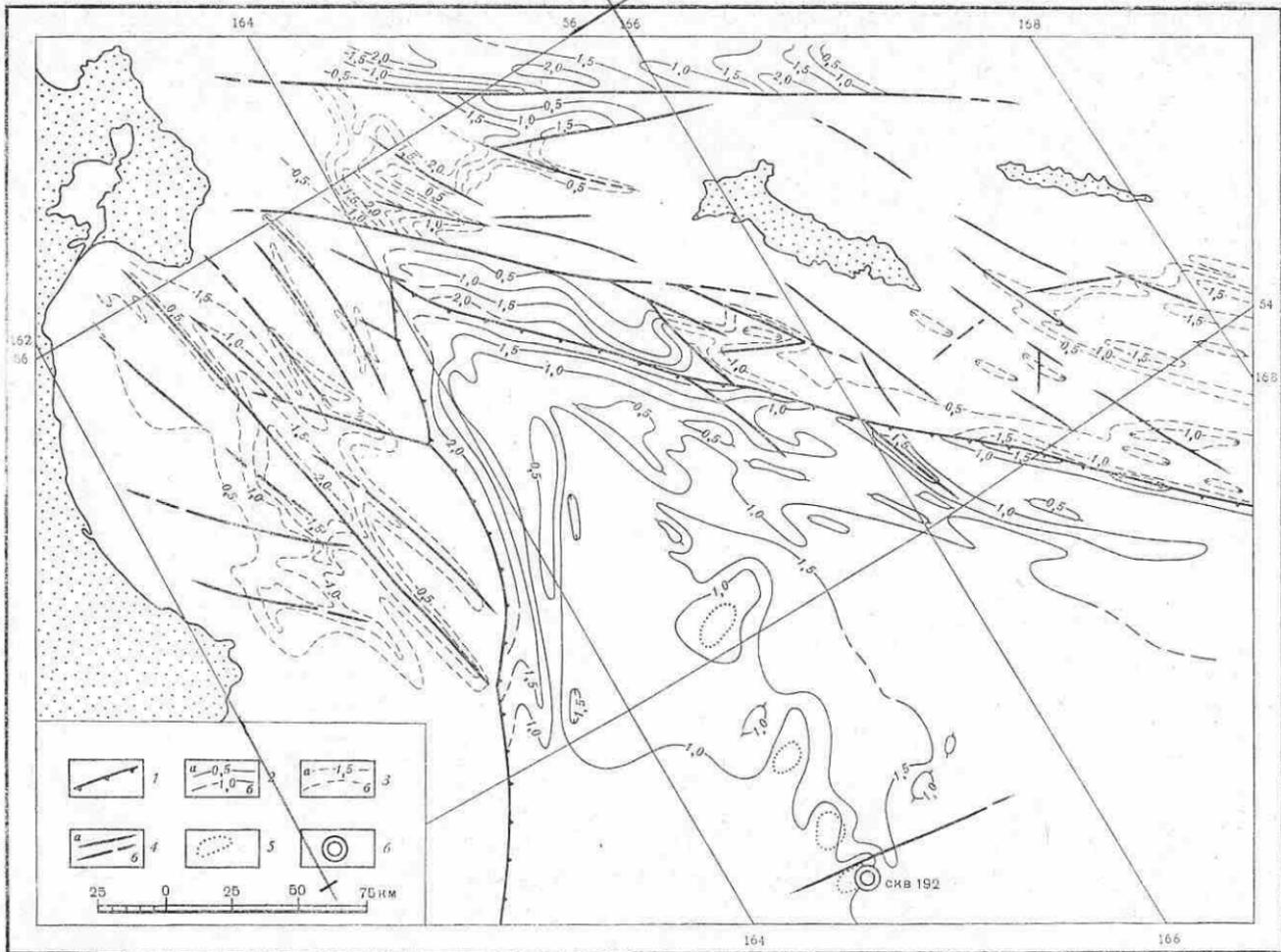


Рис. 4. Схема мощностей осадков. 1—тектоническая ось желоба; 2—изолинии мощности осадков до кровли второго океанического слоя (а—установленные, б—предполагаемые); 3—изолинии мощности субгоризонтально залегающих слабонарушенных осадочных толщ в пределах тектонически активных структур (а—установленные, б—предполагаемые); 4—оси тектонических депрессий и уступов акустического фундамента, связанных с разрывными нарушениями (а—установленные, б—предполагаемые); 5—крупные положительные формы рельефа акустического фундамента на возвышенности Обручева; 6—скважина глубоководного бурения № 192 [8]

Оценка современной тектонической активности Алеутских структур по сейсмологическим данным

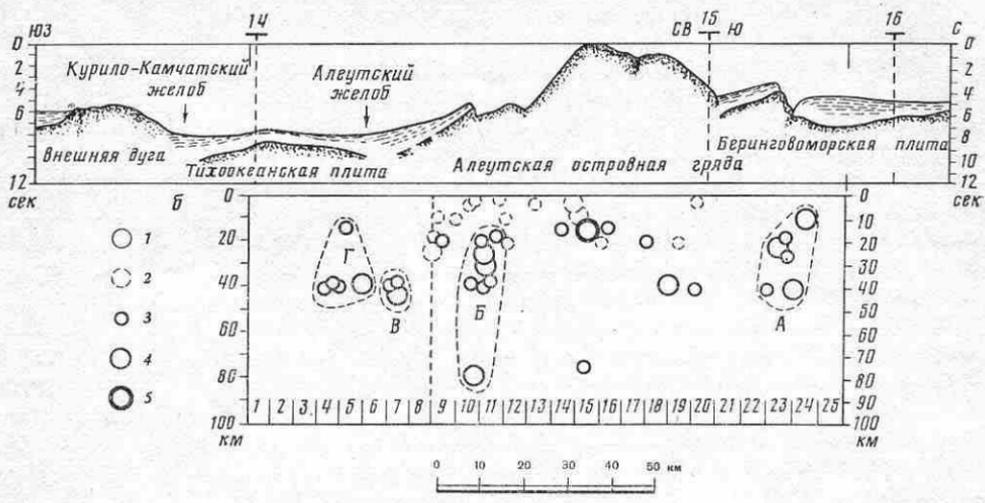
Для оценки современной тектонической активности рассмотренных выше структур северо-западного участка Алеутской дуги было проведено сопоставление распределения гипоцентров сильных землетрясений с положением этих структур. Как следует из рис. 2 и 3, наиболее крупные структуры этого участка дуги прослеживаются вдоль ее простира-ния на сотни километров. В формировании таких структур основная роль должна принадлежать тектоническим подвижкам крупных блоков с линейными размерами от десятков до первых сотен километров. Очаг землетрясения, вызванного подвижкой такого блока, должен иметь сопоставимые размеры, т. е. иметь достаточно высокий класс [3]. С дру-гой стороны, подобное сопоставление возможно лишь при достаточно точном определении координат гипоцентра ($\pm 5-8$ км). Для рассмат-риваемого района такая точность достижима лишь при регистрации землетрясений 11—12-го класса. С учетом этих соображений для оцен-ки сейсмической активности структур Алеутской дуги в расчет были приняты землетрясения с энергетическим классом 11,5 и выше за дли-тельный период инструментальных наблюдений (с января 1962 г. по январь 1979 г.). Сопоставление пространственного распределения гипо-центров землетрясений с положением структур Алеутской дуги прово-дилось по двум полигонам. Полигон I охватывает структуры северо-за-падного участка Алеутской дуги до зоны сочленения с Курило-Камчат-ским желобом (рис. 5). Полигон II является продолжением I в направ-лении простираения Алеутских структур в сторону Камчатки, при этом из рассмотрения исключен район подводного хребта Камчатского мы-са, в пределах которого преобладают простираения блоков, характерные для структур Курило-Камчатской дуги. В пределах I полигона за ука-занный период произошло 30 землетрясений с $K^0 \geq 11,5$. В пределах II полигона — 15 землетрясений. На рис. 5 представлен схематизиро-ванный профиль НСП 13—14—15—16, пересекающий основные струк-туры Алеутской дуги. На плоскость этого профиля спроектированы ги-поцентры землетрясений I и II полигонов. Гипоцентры переносились на плоскость профиля вдоль осей, параллельных простиранию основных структур. Распределение проекций гипоцентров на плоскости профиля довольно наглядно иллюстрирует результаты проведенного сопоставле-ния. В пределах полигона I гипоцентры землетрясений располагаются группами (А, Б, В, Г), которые тяготеют к вполне определенным струк-турам Алеутской дуги.

Группа гипоцентров А соответствует зоне разрывных нарушений, отделяющих Алеутскую гряду от плиты Командорской котловины. Как видно из рис. 5, активность этой зоны проявляется только в пределах полигона I.

Самая крупная группа гипоцентров — Б приурочена к разломной зо-не между центральной частью Алеутской гряды и крупным тектониче-ским блоком, слагающим основание ее тихоокеанского склона.

Группы В и Г приурочены к бортам Алеутского желоба, причем группа гипоцентров Г, соответствующая океаническому борту, более представительна. Высокая сейсмическая активность океанического бор-та желоба является весьма уникальной чертой Алеутской островной ду-ги, не характерной для Курило-Камчатской и других островных дуг.

В рассмотренные группы в пределах полигона I входят 22 гипоцен-тра из 30. Остальные 8 распределены довольно равномерно, в основном в пределах центральной части гряды, и отражают по-видимому, текто-ническую активность слагающих ее блоков и крупных оперяющих структур, простираение которых отличается от простираения основных структур дуги.



б

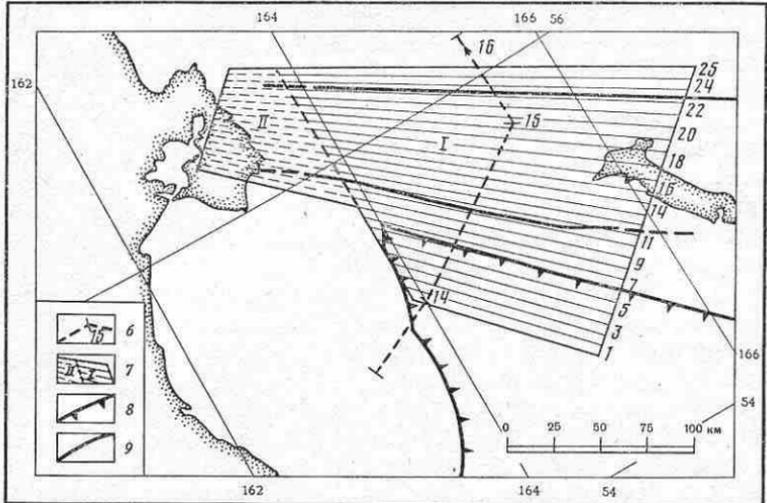


Рис. 5. Сопоставление распределения гипоцентров землетрясений с положением структур Алеутской островной дуги. а — схематизированный разрез НСП (условные обозначения см. на рис. 2); б — сейсмологический разрез: 1, 2 — проекции на плоскости гипоцентров землетрясений, расположенных: 1 — в пределах I полигона, 2 — в пределах II полигона; А, Б, В, Г — выделенные группы землетрясений; 3—5 — энергетические классы очага: 3 — $11,5 \leq K^0 < 12,5$; 4 — $12,5 \leq K^0 < 13,5$; 5 — $K^0 \geq 13,5$; в — схема расположения основных структур профиля НСП и сейсмологических полигонов: 6 — профиль НСП, на плоскость которого спроектированы гипоцентры; 7 — сейсмологические полигоны: тонкими линиями указаны направления проекции гипоцентров на плоскость профиля; 8 — тектонические оси желобов; 9 — оси наиболее крупных тектонических депрессий Алеутской островной дуги

В пределах полигона II землетрясения становятся более мелкофокусными (глубина гипоцентров не превышает 25 км). Несмотря на то, что в пределах этого полигона оси проекций гипоцентров пересекают направление Камчатских структур, здесь все же наблюдается группирование гипоцентров на структурах алеутского направления, в частности группа землетрясений Б полигона I продолжается в пределах полигона II группой более мелкофокусных землетрясений, часть из которых связана с Пикежской зоной разломов на Камчатском полуострове.

Строение северного участка Курило-Камчатского желоба и сопряженных с ним структур

В пределах рассматриваемого региона находится северный участок Курило-Камчатского желоба протяженностью 250 км. Его тектоническая ось, изображенная на рис. 3 и 4, соответствует смене слабонарушенных отложений осевой зоны «немыми», по-видимому, тектонически раздробленными и сильно деформированными толщами, слагающими материковый борт (см. позиции 22, 45, 43, 51, 59 на рис. 2). Мощность слабдеформированных осадков (различных методом НСП) в осевой зоне северной части желоба иногда превышает 2 км (см. рис. 4). Осадки незначительно осложнены пологими складками, амплитуда которых, как правило, несколько увеличивается у материкового борта, где деформированы не только нижние, но и верхние горизонты, соответствующие современным осадкам, а часто и поверхность дна (см. позиции 43, 51, 59 на рис. 2). В направлении от океанического борта к материковому в осевой части желоба намечается переход от практически недеформированных осадков к слабдеформированным (тем не менее находящимся на пределе возможностей их выявления методом НСП), и, наконец, у подножия материкового борта слоистость толщ уже не устанавливается и разрез представлен акустически немymi толщами, слагающими материковый борт. Наличие выявленного перехода дает основание предполагать, что акустически немые толщи материкового борта, по крайней мере частично, сложены смятыми осадками. Зона перехода от недеформированных осадков к материковому борту имеет различную ширину на разных участках желоба, которая, по-видимому, определяется конкретной тектонической обстановкой на каждом из этих участков. Поэтому вполне вероятно существование сравнительно резких переходов от недеформированных осадков к «немым» толщам материкового борта, сосредоточенных в зонах достаточно узких и поэтому находящихся за пределами возможности их выявления методом НСП. Наличие в осевой зоне желоба недеформированных осадков, выявленных по данным НСП, многими исследователями трактуется как доказательство отсутствия поддвижения океанической плиты под континентальный склон (см., например, [1]). С учетом изложенных выше фактов автор не может признать самостоятельность подобных доказательств. В то же время поддвижение океанической плиты под континентальный склон не является единственным возможным механизмом образования зон деформации осадков у подножия материкового борта желоба, поэтому существование этих зон нельзя считать веским аргументом в пользу тектоники плит.

Тектоническая ось желоба, соответствующая смене слабонарушенных отложений осевой зоны акустически немymi толщами материкового борта, в пределах рассматриваемого региона ориентирована в направлении ССВ—ЮЮЗ и осложнена изгибами в местах сочленения с оперяющими депрессиями континентального склона. Наиболее крупная из этих депрессий (см. позицию 17 на рис. 3) простирается субмеридионально через котловину Камчатского залива и связана с зоной меридиональных разрывных нарушений, которая в северной части залива трассируется Камчатским каньоном и серией параллельных ему долин [4]. В современном структурном плане Курило-Камчатской островной дуги котловина Камчатского залива соответствует фрагменту междугового прогиба.

Интенсивное прогибание дна котловины не компенсировано осадконакоплением. В заполнении центральной части котловины современными осадками важная роль принадлежит каньонам, прежде всего Камчатскому каньону, по которым осуществляется интенсивный вынос обломочного материала с прибрежных акваторий. Судя по характерной

для прирусловых валов косослонности, выносами каньонов в котловине залива сформирована осадочная толща мощностью более 1 км (см. позиции 11, 18, 34 на рис. 2). Между депрессией Камчатского залива и тектонической осью желоба заключен участок континентального склона, являющийся составной частью внешней (тектонической) дуги, которая в южной части залива не выражена в рельефе дна, но отчетливо выделяется на профилях НСП (см. позиции 42, 44, 50 на рис. 2). Северный участок тектонической дуги, отделенный от южного депрессией северо-западного простирания (см. позицию 19 на рис. 3), соответствует подводному хребту Камчатского мыса, состоящему из серии тектонических блоков, разделенных линейными депрессиями субмеридионального простирания (см. позицию 16 на рис. 4). На севере простирание тектонической дуги ограничено зоной разрывных нарушений алеутского направления, продолжающихся на сушу Пикежской зоной разломов [2].

Таким образом, южную часть Камчатского полуострова, ограниченную Пикежской и Усть-Камчатской разломными зонами, в современном структурном плане следует отнести к тектонической дуге Курило-Камчатской островной дуги, западное крыло которой простирается на 50—70 км севернее сопряженного с ней глубоководного желоба. В работе [4] сделан вывод о сравнительно недавней, по-видимому плиоцен-четвертичной, активизации тектонических процессов на акватории Камчатского залива, сформировавших подводный хребет Камчатского мыса и котловину залива. Высокая сейсмическая активность района, выраженная обилием исключительно мелкофокусных землетрясений, в отличие от более южных участков дуги указывает на активное формирование этих структур в настоящее время. Сопряженный участок глубоководного желоба является также плиоцен-четвертичной структурой, если предполагать синхронное и взаимосвязанное развитие междугового прогиба, тектонической дуги и глубоководного желоба.

О некоторых чертах строения возвышенности Обручева

В пределах рассматриваемого района находится северный участок возвышенности Обручева, прилегающий к зоне сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. На рис. 3 видно, что этот участок представляет собой пологое поднятие, осложненное депрессией субширотного простирания (см. позицию 20 на рис. 3). На фоне этого поднятия выделяется несколько пологих вершин высотой до 700—900 м. Эти структуры, осложняющие фундамент возвышенности, погребены осадками, мощность которых в ряде случаев превышает 1500 м, и практически не выражены в рельефе дна. На рис. 6 приведены два профиля НСП, пересекающие возвышенность Обручева в районе скважины глубоководного бурения (скв. 192). Профиль *a* и восточная ветвь профиля *b* получены в 12-м рейсе, а западная ветвь профиля *b* — во 2-м рейсе НИС «Вулканолог».

Примечательной чертой в строении возвышенности Обручева является удивительная симметрия этой структуры в меридиональном пересечении относительно депрессии, осложняющей ее центральную часть (см. рис. 6, *a*). Симметрия проявляется как в рельефе акустического фундамента, так и в строении осадочного чехла, причем наиболее ярко выражена для центральной части структуры.

В субширотном пересечении возвышенность Обручева асимметрична (см. рис. 6, *b*). В направлении Курило-Камчатского желоба ее плоская вершина как бы срезана сравнительно крутым ($\approx 4,5^\circ$) океаническим склоном желоба; в направлении же Алеутского желоба понижение фундамента происходит под углом значительно меньшим ($0,5^\circ$). В строении осадочного чехла эта асимметрия проявилась еще более

ярко. Осадочные толщи на алеутском и камчатском склонах возвышенности несопоставимы как по акустическим свойствам, так и по мощности. В отличие от камчатского алеутский склон покрыт более мощным чехлом осадков, при этом для волновой картины на записях НСП, соответствующих осадочному разрезу этого склона, характерно обилие интенсивных отражающих границ, выдержанных по простиранию на десятки километров (см. рис. 6, б). Последнее отличие проявляется практически по всей мощности осадочной толщи и, в частности, может свидетельствовать о существенном влиянии терригенного сноса в процессе ее формирования.

Интересная особенность наблюдается в соотношении осадочного чехла и положительных структур фундамента. Осадочный чехол повышенной мощности, характерный для алеутского склона возвышенности, как бы облекает отдельные положительные структуры с северо-востока, образуя при этом вытянутые в юго-западном направлении «языки». На схеме мощностей осадков (см. рис. 4) эта особенность отражена положением и изгибами изолиний 1,0 и 1,5 км в пределах возвышенности.

Перечисленные особенности в строении осадочного чехла и его соотношении со структурами фундамента можно объяснить, лишь сделав следующее предположение: в формировании мощного осадочного чехла на возвышенности Обручева большая роль принадлежала обломочному материалу, поступавшему с северо-востока, при этом сама возвышенность и отдельные положительные структуры препятствовали его распространению на юго-запад. Таким образом, есть основания полагать, что возвышенность Обручева сформирована раньше осадочного чехла, покрывающего ее склоны, по-видимому, в позднем мезозое — раннем кайнозое.

В дополнение к существующим представлениям о тектонической природе возвышенности Обручева [5, 6] необходимо отметить следующее. Проиллюстрированную на рис. 6, а симметричность возвышенности Обручева в меридиональном пересечении, с нашей точки зрения, нельзя считать случайной и следует рассматривать как указание на возможное рифтогенное происхождение этой структуры, т. е. с учетом рассмотренных выше свойств осадочного чехла возвышенность Обручева является, по-видимому, древней вулканотектонической структурой, представляющей крайнее звено в цепи вулканотектонических структур Императорского хребта.

Выводы

1. Происхождение структур северо-западного окончания Алеутской островной дуги обусловлено исключительно тектоническими процессами. Последний этап развития этой структуры состоял в приращении и тектонической переработке прилегающих участков Тихоокеанской и Берингоморской плит, что происходило в обстановке горизонтального сжатия и, по-видимому, правостороннего сдвига между этими плитами. Предшествующие этапы развития, по-видимому, носили аналогичный характер.

2. Структурное обрамление северного участка Курило-Камчатского желоба со стороны континентального склона представлено междугорным прогибом и тектонической дугой. Эти структуры и их отдельные фрагменты контролируются системой разломов субмеридионального и северо-западного простираний. В современном структурном плане простирание структур Курило-Камчатской островной дуги на север ограничивается алеутскими структурами. В частности, Курило-Камчатский желоб отсекается разломами алеутского простирания на широте $55^{\circ}38'$, а сопряженная с ним тектоническая дуга простирается своим западным крылом на 50—70 км севернее, до Пикежской зоны разломов, при этом

южная часть Камчатского полуострова относится к этой тектонической дуге, т. е. является камчатской структурой.

3. Установлена связь между распределением гипоцентров крупных землетрясений и структурами северо-западного окончания Алеутской островной дуги. Наиболее активными являются зона разрывных нарушений между островной грядой и Берингоморской плитой, обрамление Алеутского желоба (в частности, его океанический борт) и зона разрывных нарушений, отделяющая центральную часть гряды от ее основания на тихоокеанском склоне. Последняя из перечисленных структур прослеживается на Камчатский полуостров Пикежской зоной разломов и является наиболее активной.

4. Особенности в строении осадочного чехла и соотношении его с рельефом фундамента указывают на то, что в формировании мощных осадочных толщ на алеутском склоне возвышенности Обручева большая роль принадлежала обломочному материалу, поступающему с северо-востока. Полученные данные позволяют также предполагать, что возвышенность Обручева является древней вулканотектонической структурой, основные черты которой были сформированы в позднем мезозое — раннем кайнозое при участии рифтогенных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гнибиденко Г. С., Быкова Т. Г., Веселов О. В., Воробьев В. М., Ким Чун Ун, Тараканов Р. З. Тектоника Курило-Камчатского глубоководного желоба. М.: Наука, 1980. 178 с.
2. Марков М. С., Селиверстов В. А., Хотин М. Ю., Долматов Б. К. О сочленении структур восточной Камчатки и Алеутской островной дуги.— Геотектоника, 1969, № 5, с. 52—61.
3. Ризниченко Ю. В. Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент.— В кн.: Исследования по физике землетрясений. М.: Наука, 1976, с. 9—24.
4. Селиверстов Н. И., Надежный А. М., Бондаренко В. И. Особенности строения дна заливов Восточной Камчатки по результатам геофизических исследований.— Вулканол. и сейсмол., 1980, № 1, с. 38—50.
5. Удинцев Г. Б. Рельеф Курило-Камчатской впадины.— Тр. ИО АН СССР, 1955, т. 12, с. 16—61.
6. Удинцев Г. Б. Геоморфология и тектоника дна Тихого океана. М.: Наука, 1972. 394 с.
7. Федотов С. А., Багдасарова А. М., Бобков М. Ф., Кузин И. П. Землетрясения Камчатки и Командорских островов по данным детальных сейсмологических наблюдений за период ноябрь 1961 г.— 1963 г.— В кн.: Землетрясения в СССР в 1963 г. М.: Наука, 1966, с. 167—194.
8. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 1973, v. XIX. 913 p.

Институт вулканологии
ДВНЦ АН СССР

Поступила в редакцию
30.III.1982

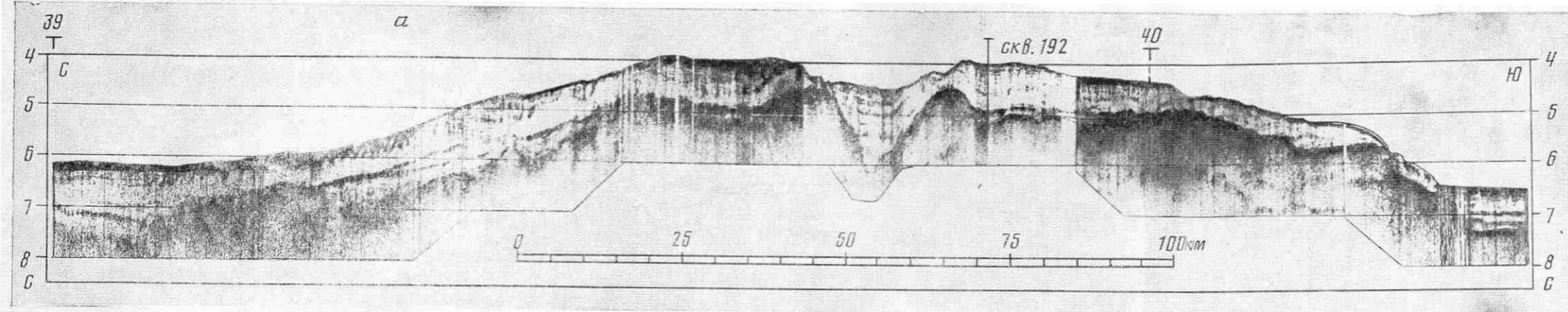


Рис. 6. Профили НСП через возвышенность Обручева. *а* — меридиональный, *б* — субширотный. Положение пронумерованных точек профилей см. на рис. 1. Южная часть профиля *а* выходит за пределы района, охваченного рис. 1, 3, 4. Соотношение горизонтального и вертикального масштабов — 1 : 10

