

УДК 551.24.01

ПЕЙВЕ А. В., РУЖЕНЦЕВ С. В., ТРИФОНОВ В. Г.

**ТЕКТОНИЧЕСКАЯ РАССЛОЕННОСТЬ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ  
ЛИТОСФЕРЫ КОНТИНЕНТОВ**

Рассмотрена расслоенная структура литосферы. На примере Памира, Альп и Аппалач показано, что неравномерная расслоенность литосферы, разные скорости перемещения слагающих ее литопластин приводили к их деформации и перемешиванию в разрезе.

**ВВЕДЕНИЕ**

Большинство современных тектонических концепций основано на признании двух определяющих положений: во-первых, мобилизма, т. е. ведущей роли горизонтальных перемещений горных масс в процессах структурообразования; во-вторых, неравномерности пространственной реализации этих процессов, обуславливающей делимость литосферы на слабо деформированные объемы и разделяющие их зоны интенсивных деформаций и смещений. Наиболее популярная в настоящее время теория тектоники плит видит главную причину структурообразования во взаимодействии жестких плит, охватывающих всю мощность литосферы и латерально перемещающихся по астеносфере или вместе с ней. Но еще в 1967 г., т. е. почти одновременно со становлением теории тектоники плит, была показана [8] возможность дифференцированных латеральных перемещений отдельных слоев литосферы. Дальнейшее развитие этих представлений привело к созданию концепции тектонической расслоенности литосферы [4, 9, 10], при которой слои земной коры и верхней мантии не образуют единых плит, а перемещаются друг относительно друга и деформируются в значительной мере автономно. Помимо вертикальных и наклонных существуют субгоризонтальные подвижные зоны (астенолинзы и астенослой), разделяющие литопластины разной мощности и состава.

Признаки тектонической расслоенности литосферы обнаружены в различных геоструктурных областях, но наиболее полно они представлены на континентах в областях скупивания горных масс — орогенических и складчатых поясах. Для выявления тектонической расслоенности используются геологические, петрологические и геофизические методы.

Прямое доказательство тектонической расслоенности складчатых областей современных континентов — существование сорванных покровов, образование которых происходило путем структурного отслоения и смещения тех или иных объемов горных пород со своего основания. Отслоение могло происходить на разных уровнях: внутри осадочного чехла, по границе чехол — кристаллическое основание и внутри основания [9]. Об этом свидетельствуют разрезы аллохтонов. Можно полагать, что присутствие в структуре обособленных аллохтонных комплексов, имеющих стандартный разрез, связано с наличием зоны регионального срыва на уровне наиболее глубоких образований комплекса. Так, присутствие в аллохтонном залежании нижних горизонтов осадочного чехла предполагает отслоение и смещение по кровле основания, присутствие гранито-гнейсовых аллохтонов — отслоение и смещение внутри кристаллической коры, присутствие габброидно-метабазитовых аллохтонов — отслоение и смещение вблизи поверхности Мохоровичича. Офиолитовые аллохтоны, содержащие дунит-гарцбургитовый комплекс, указывают на то, что по крайней мере в палеоокеанах зоны регионального срыва могли распространяться в верхнюю мантию.

Сорванные покровы — это проявления тектонической расслоенности прошлого, позднее вскрытые эрозией. В отличие от них процессы современного тектонического расслоения проявляются на поверхности Земли лишь косвенными признаками и обнаруживаются комплексным применением геологических, структурно-геоморфологических и геофизических методов [6, 10]. В новейшей структуре орогенических областей наряду с наиболее выразительными, доминирующими элементами (например, продольными новейшими складками и разломами горно-складчатого сооружения) выявляются элементы, дискордантные к ним, выраженные на поверхности иногда лишь флексурными перегибами, погружением или замыканием отдельных хребтов и долин и т. п. Анализ геофизических полей и данных сейсмологии (геометрия очаговых зон, зон аномального распространения и погасания сейсмических волн) позволяет дифференцировать новейшие структуры по глубинам их наибольшей активности. Оказывается, что структуры, весьма слабо выраженные или не выраженные на поверхности, могут быть заметными на глубине, и, напротив, важные элементы поверхностного структурного плана могут ограничиваться лишь осадочным или гранитно-метаморфическим слоем, так что на разноглубинных срезах литосферы некоторых регионов рисунки новейших структур существенно различаются. Это свидетельствует об автономности неотектонического развития и дисгармонии перемещений литосферных слоев. В ряде случаев признаками подобной дисгармонии являются глубинные неовулканические зоны, дискордантные относительно генерального рисунка новейших структур поверхности.

И изучение сорванных покровов, и выявление дисгармонии разноглубинных неотектонических структур не позволяют точно локализовать современное положение древних и новейших зон срыва и дифференцированного перемещения горных масс в глубоких слоях литосферы. Точнее это можно сделать, применяя различные сейсмологические методы. С их помощью выделяются горизонтальные сейсмофокальные зоны, волноводы и протяженные горизонты резкого отражения сейсмических волн.

Детальное изучение вертикальных и наклонных сейсмофокальных зон внутри континентов и на их окраинах показало, что такие зоны часто имеют четковидное строение, резко расширяясь в одних и сужаясь или прерываясь в других горизонтах коры и верхней мантии. Иногда такие расширения представляют собой протяженные линзы, т. е. горизонтальные сейсмофокальные зоны, чередующиеся с горизонтами, в которых ощутимые землетрясения отсутствуют [2, 10].

Коровые волноводы, регистрируемые методом отраженных волн, распространяющихся в глубь Земли под разными углами к поверхности, выделены сейчас в различных геоструктурных областях. Волноводы представляют собой субгоризонтальные линзовидные зоны пониженных скоростей прохождения сейсмических волн, что, вероятно, связано с уменьшением вязкости и прочности среды. Поэтому именно вдоль волноводов в соответствующей тектонической обстановке можно ожидать срывов более вязких и прочных литопластин друг относительно друга. Реальность подобных перемещений доказывается в некоторых орогенических областях частичным совпадением волноводов и субгоризонтальных сейсмофокальных зон. Пониженная эффективная вязкость таких волноводов, называемых дислокационными, может быть обусловлена разупрочнением пород при сейсмогенных подвижках [10].

Регистрация отраженных сейсмических волн, направляемых вертикально к поверхности, обеспечивает при постоянном перемещении источников сигналов и приемников непрерывность профилирования площадок отражения. Используются вибросейсмические источники, смонтированные на автомобилях. Этот метод, разработанный в нефтяной геофизике, был модифицирован и применен американскими исследователями, объединенными в «Консорциум по профилированию континентов методом отраженных волн» (COCORP), для изучения строения

земной коры до глубин 50—60 км [12]. Обнаружены протяженные зоны резкого отражения сигналов. Иногда они переходят в надвиги, достигающие земной поверхности, или под ними обнаруживаются породы, сходные по сейсмическим характеристикам с породами, обнажающимися на земной поверхности, но смещенными относительно этих глубинных образований. В таких случаях можно уверенно интерпретировать поверхности отражения как глубинные зоны отслоения и латерального перемещения горных масс. Следовательно, для обнаружения тектонической расчлененности необходимо комбинировать профилирование методом отраженных волн с изучением поверхностной структуры. Подобная комплексность нужна и для выявления тектонической расчлененности другими сейсмологическими и геофизическими методами. Рассмотрим применение такого комплексного подхода на нескольких примерах.

## Альпы

Альпы являются классическим примером горного сооружения, имеющего покровное строение. С севера на юг здесь выделяются следующие зоны: Гельветская (включая Ультрагельветскую), Пеннинская, Восточно-Альпийская и Южно-Альпийская. Все они образуют сложный покровный пакет. Однако уровень заложения (отслоения) пластин в отдельных зонах различен. Если гельветские являются типичными покровами чехла, то пеннинские и особенно восточноальпийские включают мощные массы гранито-гнейсового основания. Южноальпийские покровы формировались, по-видимому, уже на мантийном уровне. Действительно, расположенная вдоль северного фронта Южных Альп зона Ивреа—Вербано представляет собой полосу метаморфических пород. В структурном отношении это моноклиналь. Разрез ее следующий (снизу вверх): 1) лерцолиты, 2) метабазиты, 3) полоса чередования метабазитов и кислых гранулитов, количество которых резко увеличивается кверху, 4) «строналиты» — низкощелочные кислые гранат-силлиманитовые гранулиты, 5) биотитовые гнейсы с прослоями мраморов, 6) орто- и парагнейсы, амфиболиты, прорванные герцинскими гранитами [14].

Считается, что отмеченный комплекс в основном соответствует нижним слоям коры, а лерцолиты — верхней мантии. Такая интерпретация природы зоны Ивреа—Вербано подтверждена комплексными геофизическими исследованиями [11]. Показано, что земная кора в пределах Альп содержит коровые волноводы. Один из них, более выдержанный, расположен на глубине 10—20 км, второй — 20—50 км (скорости продольных волн соответственно 5,5—5,8 и 5 км/с). Характер профиля резко меняется в районе зоны Ивреа—Вербано (рис. 1). Здесь у поверхности расположен пласт со скоростями продольных волн 7,2—7,38 км/с. Он погружается к юго-востоку, смыкаясь под равниной р. По с мантией (8,3 км/с). Указанный слой высокоплотных пород рассматривается как мантийная пластина. Южноальпийская мантийная пластина подстилается образованиями со скоростями продольных волн 4—5 км/с. Пространственно они соответствуют верхнему коровому волноводу Альп, причем столь аномально-малые значения скоростей заставляют предположить присутствие здесь значительных объемов жидкой фазы. Сказанное не оставляет сомнения в том, что Южные Альпы надвинуты на Пеннинскую и Восточно-Альпийскую зоны. Во фронтальной наиболее сдавленной части надвинутой пластины на поверхность выведены породы «базальтового слоя», а также породы зоны перехода кора—мантия. Собственно мантийные породы вскрыты не так широко, но в значительных объемах присутствуют на глубине.

Итак, геологические исследования показали, что в Альпах совмещены пластины различного уровня отслоения: покровы чехла, покровы, в составе которых присутствуют породы гранитно-метаморфического комплекса, и, наконец, покровы, включающие метабазиты и ультрабазиты. Первые два типа покровов не создают существенных контрастов

сейсмических скоростей, которые можно было бы определить на современном уровне исследований. Иное дело покровы третьего типа. Их появление в разрезе должно отразиться в смещении поверхности *M* и чередовании в разрезе литосферы региона высоко- и низкоскоростных слоев. Именно такую картину установил П. Гизе [3], обработав результаты сейсмологических наблюдений методом временных разрезов и редуцированных годографов (см. рис. 1).

### ПАМИР И АФГАНО-ТАДЖИКСКАЯ ДЕПРЕССИЯ

Тектонические покровы обнаружены в разных частях Памира. В Центральном Памире выделяются четыре покровных комплекса, соответствующих четырем уровням отслоения: известняки, вулканиты и терригенные породы верхнего мела—палеогена; преимущественно терригенная толща триаса—нижнего мела; карбонатно-терригенная толща кембрия — перми; гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты и мраморы докембрия.

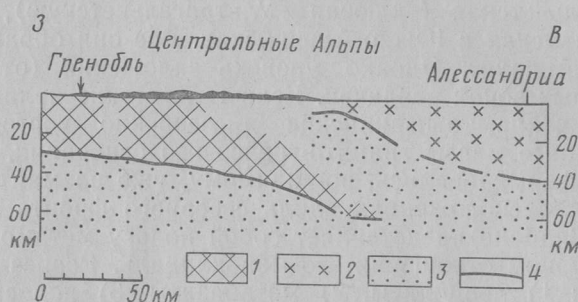


Рис. 1. Схематический разрез литосферы Западных Альп [3]  
1 — земная кора поддвигающегося блока; 2 — земная кора надвигающегося блока; 3 — верхняя мантия; 4 — поверхность Моховичича

Более глубокие метаморфические породы вскрыты в разрезе Юго-Западного Памира. В его основании залегают плагиогнейсы, плагиомигматиты, кварциты и мраморы горанской серии. Они перекрыты плагиогнейсами шахдаринской серии, сменяющейся кверху докембрийскими гнейсами, отложениями палеозоя и мезозоя, контактово измененными многочисленными мезозойскими гранитами. Выше залегают фанерозойские отложения, сорванные и дислоцированные независимо от фундамента. Вдоль контакта горанской и шахдаринской серий протягивается мощная (несколько сот метров) зона милонитов. Нижняя часть шахдаринской серии (хорогская свита) сложена роговообманковыми плагиогнейсами и плагиомигматитами, содержащими многочисленные будины и линзы эклогитоподобных пород, кислых гранулитов, метагабброидов, ультрабазитов с гранатом и шпинелью. Контакт горанской и шахдаринской свит, ныне изогнутый и очерчивающий купол Юго-Западного Памира, представляет собой зону шарьяжа, сдвоенного гранито-гнейсовый слой региона [9]. Судя по составу пород хорогской свиты, срыв приходился на нижнюю часть коры и, возможно, совпадал с ее подошвой. Внутренняя структура пластин, обособившихся в процессе отслоения, характеризуется гигантскими бескорневыми лежащими складками, свидетельствующими о значительных деформациях.

Процессы расслоения и перемещения коровых масс, фиксирующиеся на Юго-Западном Памире, были длительными и, вероятно, охватывали несколько тектонических эпох. В масштабе всего Памира наиболее полно изучен позднеальпийский этап деформаций, происходивших в условиях движения литопластины Индостана к северу относительно соседних частей Альпийско-Азиатского орогенического пояса.

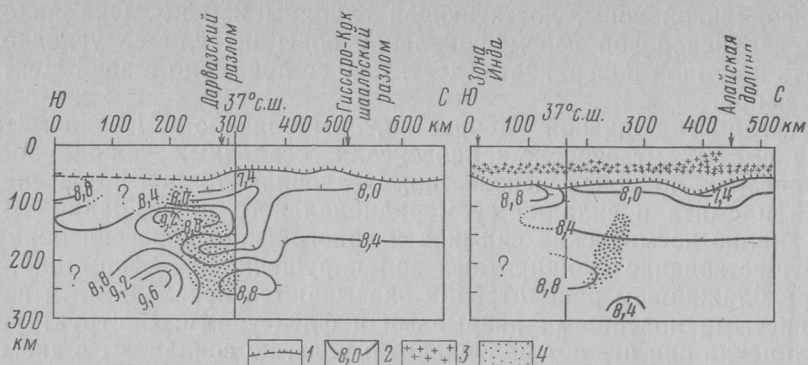


Рис. 2. Глубинные сейсмологические разрезы Таджикско-Памирского сектора Средней Азии через г. Душанбе (слева) и оз. Каракуль на Памире (справа)

1 — поверхность Моховичича [2]; 2 — изолинии равных скоростей прохождения продольных сейсмических волн в мантии [7]; 3 — коровые сейсмофокальные зоны [2]; 4 — Памиро-Гиндукушская мантийная сейсмофокальная зона

Сопоставление времени наиболее интенсивного новейшего надвигания и складчатости в разных частях Памиро-Каракорумского региона, а также возраста смещений на разных отрезках обрамляющих его с запада и северо-востока сдвиговых зон показало, что в течение неотектонического этапа северный фронт движущейся литопластины неоднократно мигрировал к северу. В олигоцене он располагался в зоне Инда, в миоцене — в зоне Центрального Памира, в позднем миоцене и плейстоцене — в зоне Каракорумского надвига и, наконец, в плейстоцене — на южном борту Алайской долины, совпадая с северо-восточным участком Дарваз-Алайской зоны молодых нарушений. Механизм миграции представляется следующим образом. В процессе относительного движения Индостанской литопластины к северу располагавшийся перед ней участок внутренней зоны или зон складчатого пояса вовлекался в интенсивные складчато-надвиговые деформации, вызванные этим движением и приводившие к обособлению деформированного участка с боков сдвигами западного и северо-восточного обрамления Индостанской литопластины (Чамано-Дарваз-Алайская и Памиро-Каракульская системы сдвигов) и, вероятно, к срыву деформированных и нарушенных разрывами коровых образований. В результате эти образования теряли способность к интенсивным деформациям, приключались к краевой части литопластины и начинали двигаться вместе с ней, а зона наибольших смещений, фиксирующая положение фронта краевой части литопластины, скачкообразно перемещалась к северу. В деформации вовлекался следующий участок, претерпевал подобные изменения и т. д.

В итоге неотектонического развития в области Каракорума и Памира сформировалась серия прислоненных одна к другой коровых мегачешуй сложного внутреннего строения, вероятно, отслоенных и структурно обособленных от более глубоких слоев литосферы [10]. Этот геологический вывод подтверждается результатами сейсмологических наблюдений, согласно которым земная кора Памира и Каракорума увеличена в мощности до 70 км [2], и в ней чередуются слои повышенной и пониженной скорости прохождения сейсмических волн [5]. Выполненный Ю. К. Щукиным анализ гипоцентрии коровых землетрясений (рис. 2) выявил наклоненную на юг под углом около  $30^\circ$  сейсмофокальную зону, которая, будучи продолжена к земной поверхности, совпадает с Дарваз-Алайской зоной молодых нарушений, а на глубинах  $40 \pm 10$  км смыкается с субгоризонтальной зоной скопления гипоцентров, возможно, представляющей собой современное выражение региональной зоны срыва коровых структур. Под ней протягивается слой с малым количеством гипоцентров, а ниже начинается круто наклоненная на юг восточная ветвь Памиро-Гиндукушской мантийной

сейсмофокальной зоны, достигающей глубины 250 км. Она находится южнее верхнекоровой сейсмофокальной зоны и, если ее условно продолжить к земной поверхности, достигает ее примерно в зоне Центрального Памира.

В Афгано-Таджикской депрессии, выполненной 12-километровой толщей смятых мезозойско-кайнозойских осадочных пород, больших тектонических покровов неизвестно. Осадочная толща нарушена разрывами и смята в складки субмеридионального простирания. Вместе с тем анализ космических снимков и топографии депрессии обнаруживает существование субширотных зон нарушений и деформаций, которые при ближайшем рассмотрении оказываются небольшими и нередко прерывистыми новейшими разрывами и флексурами. В структуре осадочного чехла они играют подчиненную роль, но совпадают с аномалиями гравитационного и магнитного полей, отражающими направление структур фундамента [6]. Тем самым выявляется дисгармония между структурами чехла и основания, подтверждающая идею С. А. Захарова о срыве осадочного чехла депрессии по мальмскому соленосному горизонту.

Под южным обрамлением депрессии выделяется западная ветвь Памиро-Гиндукушской сейсмофокальной зоны, круто наклоненная на север и не поднимающаяся выше 70 км. Коровые очаги землетрясений имеют сложное распределение и в значительной мере приурочены к северному краю депрессии — зонам Гиссаро-Кокшаальского и Илякского разломов. Таким образом, и здесь зоны мантийной и наиболее интенсивной коровой сейсмичности не продолжают одна другую.

Проанализировав невязки времен прогиба сейсмических волн от местных глубокофокусных землетрясений на системе станций Средней Азии, А. В. Николаев и И. А. Санина [7] обнаружили существенную латеральную и вертикальную изменчивость скоростных характеристик верхней мантии Афгано-Таджикской депрессии и Памира на глубинах до 300 км (см. рис. 2). Если на севере распределение скоростей в общем укладывается в рамки слоистой модели, то вблизи Памиро-Гиндукушской сейсмофокальной зоны и южнее распределение высокоскоростных и низкоскоростных объемов гораздо сложнее. Этот, пока единственный пример столь детального изучения верхней мантии крупного региона показывает, что в верхней мантии могут происходить дифференцированные перемещения горных масс, не менее сложные, чем в коре, и различные на разных уровнях.

Сейсмофокальная зона развивается в области наибольшей скоростной неоднородности мантии, т. е. наиболее дифференцированных возможных перемещений. Распределение скоростей не позволяет рассматривать эту зону как область современной субдукции литосферных плит. Скорее, сближение Индостана с Евразией реализуется сгучиванием горных масс в условиях дифференцированных перемещений и автономных деформаций на разных уровнях литосферы, приводящих к ее неравномерному утолщению. Сгучивание дополняется отжиманием и оттоком горных масс в стороны от области наибольшего сжатия литопластин. На поверхности это отжимание проявляется развитием субширотных зон сдвигов и сдвиговых деформаций в сопряженных с Индостано-Памиром Афганском и Центральноазиатском сегментах орогенического пояса.

## АППАЛАЧИ

Палеозойские структуры Аппалачей простираются на северо-восток. С северо-запада на юго-восток выделяются следующие тектонические зоны: Долин и Хребтов, Голубой хребет, Внутренний Пьедмонт, пояс Шарлотт, сланцевый пояс Каролина и прибрежная равнина, покрытая мощным чехлом эпипалеозойских осадочных пород. Зона Долин и Хребтов сложена неметаморфизованными раннепалеозойскими осадочными породами, смятыми в сложные складки и нарушенными надвигами. Палеозойские толщи зоны Голубого хребта сильно метаморфизо-

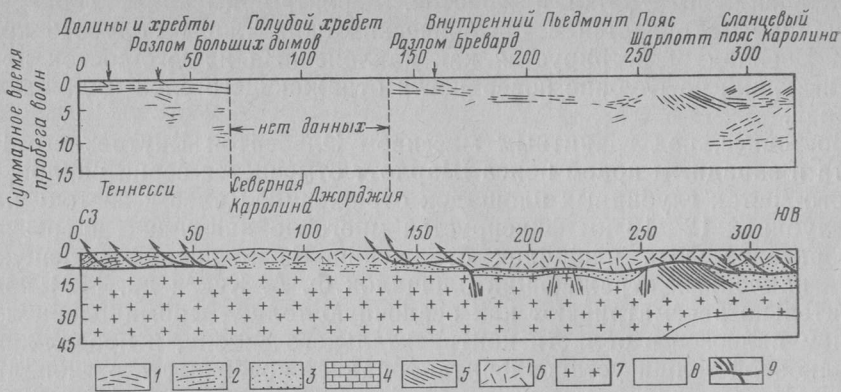


Рис. 3. Результаты непрерывного профилирования методом отраженных волн (вверху) и схематический разрез земной коры (внизу) Южных Аппалачей [13]

1 — площадки отражения; 2 — нижнепалеозойская осадочная толща зоны Долин и Хребтов; 3 — погребенная осадочная толща под зоной Голубого хребта и Внутренним Пьемонтом; 4 — гипотетическая существенно карбонатная часть погребенной осадочной толщи; 5 — предполагаемые осадочные образования древнего континентального склона, выраженные наклонными площадками отражения под восточной частью Внутреннего Пьемонта и поясом Шарлотт; 6 — аллохтонные образования континентальной коры Южных Аппалачей; 7 — автохтонная кристаллическая часть земной коры Южных Аппалачей; 8 — верхняя мантия; 9 — разломы разных типов

ваны. Они залегают на докембрийском кристаллическом основании с радиологическим возрастом пород не менее миллиарда лет. Комплекс метаморфических пород аллохтонен. Под ним в тектонических окнах вскрыты неметаморфизованные осадочные породы. В зоне Внутреннего Пьемонта сильнометаморфизованные породы (в основном первичноосадочного происхождения) прорваны многочисленными гранитоидными интрузиями. Пояс Шарлотт сложен метаморфизованными осадочными породами, а сланцевый пояс Каролина — метаморфизованными вулканическими породами нижнего палеозоя, близкими по составу к современным островодужным образованиям. В фундаменте береговой равнины бурением обнаружены породы, сходные с теми, что слагают Внутренний Пьемонт и сланцевый пояс Каролина.

Между отдельными зонами расположены крупные тектонические нарушения. Зоны Долин и Хребтов и Голубого хребта разделены крупным надвигом, падающим на юго-восток. Между зоной Голубого хребта и Внутренним Пьемонтом находится зона разломов Бревард. Узкий офиолитовый пояс Королевских гор отделяет Внутренний Пьемонт от пояса Шарлотт. Основные движения здесь происходили в таонскую и акадийскую орогенические эпохи. В зоне Бревард деформации и смещения были многократными, но последняя существенная фаза движений приходится на аллегонийскую (ранневарисскую) эпоху. В зоне разломов выведены на поверхность слабометаморфизованные экзотические карбонатные породы, которые считаются оторженцами осадочной толщи, скрытой под гранитно-метаморфическим комплексом. Это, как и тектонические окна зоны Голубого хребта, дает основание предполагать, что метаморфические образования, обнажающиеся северо-западнее зоны Бревард, имеют аллохтонное залегание и подстилаются неметаморфизованной осадочной толщей.

Поперек Южных Аппалачей, в направлении от г. Ноксвилл (штат Теннесси) к г. Огуста (штат Джорджия), было выполнено непрерывное профилирование методом отраженных волн [13]. Выяснилось, что смятый в складки и нарушенный разрывами осадочный комплекс зоны Долин и Хребтов на глубине 4 км сорван с кристаллического основания. Поверхность срыва очень полого погружается на юго-восток до 10 км под метаморфические породы зоны Голубого хребта и Внутреннего Пьемонта (рис. 3). Она прослеживается как поверхность отражающего слоя, который по характеру отражений сходен с осадочной толщей,

слагающей зоны Долин и Хребтов. Вероятно, именно эта осадочная толща просматривается в тектонических окнах зоны Голубого хребта. Зона Бревард регистрируется как наклоненный на юго-восток надвиг, достигающий на глубине поверхности отражающего слоя и сливающийся с ней.

Восточнее, под гранитным массивом Эльбертон Внутреннего Пьемонта и западным краем пояса Шарлотт отмечается серия наклоненных на юго-восток глубинных площадок отражения. Далее к востоку на тех же глубинах 12—18 км фиксируется многослойная линза прерывистых субгоризонтальных площадок отражения. Ее и предшествующую область наклонных отражающих площадок Ф. А. Кук и др. [13] предположительно рассматривают как осадочную толщу, формировавшуюся в раннем палеозое в области континентального склона, и продолжают в кровлю этой толщи установленную западнее поверхность регионального срыва. На юго-восточном конце профиля выявлена и более глубинная зона отражений (30—33 км), вероятно, представляющая собой переходную зону между корой и мантией. Во Внутреннем Пьемонте и зоне Голубого хребта мощность земной коры 40—45 км. Такое различие мощностей коры, возможно, связано с тем, что здесь с юго-востока на северо-запад древняя кора океанического или субокеанического типа сменялась корой континентальной. В основании континентального склона, на нем и в краевой области континента в нижнем палеозое отложилась осадочная толща, которая в таконскую и более поздние орогенические эпохи оказалась тектонически перекрытой метаморфическими комплексами Аппалачей (см. рис. 3). Последние представляют собой результат отслоения гранитно-метаморфического слоя более восточных областей. Минимальная амплитуда его надвигания 260 км.

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Альпы, Памир и Аппалачи представляют собой не исключения, а типичные примеры строения горно-складчатых сооружений.

Срыв перемятых осадочных толщ установлен во Внешнем Загросе, зоне Краевых складок северного обрамления Аравийской платформы, в Сулеймановых и Киртарских горах. Тектонические покровы чехла с многократным наслоением сорванных пластин известны в Карпатах, Динаридах, палеозоидах Урала и Тянь-Шаня, каледонидах Скандинавии, во многих частях Тихоокеанского кольца. Отдельные пластины редко выдержаны на значительные расстояния. Амплитуда смещений обычно не превышает десятков километров.

Гранито-гнейсовые аллохтоны, возникшие в результате срыва верхней части континентальной коры, описаны в Скандинавских горах, Низких и Высоких Гималаях. Есть признаки подобного происхождения ряда срединных массивов Альпийского пояса, например Родопского и Мендересского. Покровное строение установлено и во многих офиолитовых поясах. В крупных покровах основания Урала обычно наблюдается снизу вверх следующая последовательность пород [9]: 1) дуниты, гарцбургиты (мантийные образования); 2) пироксениты, дуниты, габброиды (промежуточный комплекс — переходная зона от мантии к коре); 3) габброиды, часто превращенные в амфиболиты; 4) габбро-диабазы, диабазы, плагиолипариты (дайковый комплекс); 5) кварцевые диориты, плагиограниты; 6) вулканогенно-осадочные отложения. Покровы подобного типа, представляющие собой результат тектонического срыва в верхах мантии палеоокеана, описаны в Омане, на Корсике и Кипре, в палеозоидах Тянь-Шаня и Ньюфаундленда, в Новой Гвинее и Новой Каледонии, на Калимантане, Филиппинах, Сахалине, Камчатке, в Корякском хребте, Орегоне и Калифорнии. В некоторых случаях нижний член аллохтонного разреза отсутствует, что позволяет предполагать отслоение горных масс на уровне древней поверхности Мохоровичича. Сорванные покровы основания не столь многочисленны, как покровы чехла, но они крупнее. Амплитуды их перемещений нередко измеряются сотнями километров.



Отслоения и дисгармоничные деформации литопластин проявляются не только покровообразованием. В разрезе земной коры Восточного Кавказа, в результате анализа геологических, структурно-геоморфологических, геофизических, сейсмологических данных и материалов дешифрирования космических снимков намечены три структурных этажа, где одновременно, в новейшее время, развиваются зоны нарушений и деформаций разных направлений и морфологии [6, 10]. В приповерхностном этаже, главным образом осадочном чехле, преобладают складки и надвиги кавказского простирания, продолжающие развиваться и в позднечетвертичное время. Ниже, на глубинах около 20 км комплексов геофизических данных регистрируется сейсмоактивная зона взбросов и надвигов, являющаяся глубинным продолжением зоны Южного склона Большого Кавказа, а также простирающиеся диагонально к ней более короткие зоны преимущественно сдвиговых смещений, слабо отражающиеся в верхнем структурном этаже. На большие глубины, до поверхности Мохоровичича прослеживается только указанная сейсмоактивная зона, которая в низах земной коры приобретает крутой наклон. Эти проявления структурной дисгармонии, вероятно, отражают разную реакцию литопластин на общее субмеридиональное сжатие региона. На коровую структуру Кавказа накладываются вулканические и связанные с ними тектонические элементы Транскавказского вулканического пояса, отражающие, по данным Е. Е. Милановского, растяжение и магмообразование на более глубинном, мантийном этаже литосферы. Дисгармония между корой и мантией имеет более крупный масштаб и охватывает весь Кавказско-Аравийский сегмент Альпийско-Азиатского орогенического пояса. Подобные различия в расположении, морфологии и кинематике новейших структур на разных уровнях литосферы описал В. И. Макаров [6, 10] в Тянь-Шане и смежной с ним части Туранской плиты. Под Срединной линией Японии, характеризующейся преимущественно сдвиговыми смещениями, обнаружена на глубинах более 30 км диагональная к ней структурная зона, формирующаяся в условиях поперечного сжатия.

Во всех приведенных примерах дифференцированные перемещения и дисгармоничные деформации разноглубинных литопластин происходили в условиях сжатия и приводили, тем или иным путем, к скупиванию горных масс и наращиванию земной коры. Но тектоническая расчлененность проявляется и в иных динамических и структурных условиях [10]. На западе США новейшая структура поверхности определяется правосдвиговой системой Сан-Андреас и связанными с ней системами левых сдвигов, надвигов и складок Поперечных хребтов и сбросов, грабенов и горстов Провинции Бассейнов и Хребтов. Судя по их сейсмическим характеристикам, структурно-геологическим, гравиметрическим, геотермальным и гидрохимическим данным, эти системы нарушают верхний слой земной коры мощностью до 15—20 км и глубже не продолжают. Более глубинная новейшая структура литосферы предположительно реконструируется по аномалиям структурного рисунка поверхности, распределению вулканических образований и теплового потока. Главная система глубинных деформаций, расположенная под западной ветвью новейших нарушений Провинции Бассейнов и Хребтов, образована сочленяющимися почти под прямыми углами зонами относительного растяжения и сдвига, т. е. сходна с рифтово-трансформными системами срединно-океанических хребтов. Таким образом, имеет место дисгармония неотектонического строения верхнекорового и более глубинных слоев литосферы региона. На границе дисгармонично развивающихся слоев зарегистрирован маломощный и прерывистый коровый волновод. В описанном случае дисгармония развивается в условиях правого сдвига Тихого океана относительно Северо-Американского континента. Возможно, она характерна и для строения некоторых внутриконтинентальных рифтовых зон, например, Рейнской и Байкальской. Эти сложные грабены ограничены на глубине коровыми волноводами,

и структура нижележащей литосферы не обнаруживает с грабенами прямой связи.

Коровые волноводы выявлены и вне неотектонически активных областей: под палеозоидами Западной Европы и Урала, некоторыми областями Русской плиты, Балтийским, Украинским и Канадским щитами [10]. Происхождение волноводов может быть различным, и указывают они лишь на возможность отслоения коровых масс и их дифференцированных латеральных перемещений. О широком, может быть, общекионтинентальном распространении этого процесса свидетельствуют другие факты, а именно различия направлений и скоростей относительных перемещений верхнекоровых литопластин и граничащих с ними океанических литопластин в пределах единого пояса нарушений и деформаций. Как правило, океанические литопластины перемещаются быстрее и иногда в иных направлениях.

Для океанических областей тектоническое расслоение представляется не столь характерным, но признаки его в океанах есть. В некоторых трансформных зонах намечается несовпадение структурных планов на разных уровнях литосферы, причем речь идет об одновозрастных структурах, активных в современную эпоху. Обнаружены волноводы в основании океанической коры. А. С. Перфильев и Н. Н. Херасков [9] показали, что в разрезах древней океанической коры Урала, Западного Саяна и Монголии дайки, а также сопровождающие или замещающие их магматические брекчии насыщают нижнюю, габброидно-ультрабазитовую часть древней коры, но количество их резко уменьшается в подстилающем дунит-гарцбургитовом слое. Раздвижение океанической коры происходило, таким образом, автономно от верхней мантии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тектоническое отслоение, дифференцированное перемещение и дисгармоничное строение субгоризонтальных литопластин — важнейшие черты литосферы. Развитие этих черт происходило в течение всего фанерозоя и вероятно, на более ранних стадиях геологической истории, обуславливая как наращивание коры и рост континентов, так, возможно, и их деструкцию. Неравномерная расслоенность литосферы, разные скорости перемещений и деформации литопластин приводили к их разрушению и перемешиванию. Непосредственные наблюдения показывают, что в эти процессы вовлечена вся земная кора и местами верхи мантии. Но немногочисленные пока данные о сложном распределении скоростей сейсмических волн в более глубоких горизонтах дают основание предполагать, что там дифференцированные латеральные перемещения, сопровождаемые деформациями слоев и перемешиванием материала, играют не меньшую, а может быть большую роль, чем в земной коре.

Эта новая концепция мобилизма заставляет по-новому подойти к решению многих практических задач, в частности металлогенического прогноза. Появляются новые аспекты долгосрочного прогноза землетрясений и сейсмического районирования. Под аллохтонными гранитно-метаморфическими массами могут скрываться неизвестные месторождения нефти и газа.

С учетом концепции тектонической расслоенности литосферы континентов требуется пересмотреть старые и организовать новые геофизические и в первую очередь сейсмологические исследования. Интерпретация их результатов должна осуществляться в комплексе с результатами геологических и петрологических исследований. В этот комплекс входят также структурно-геоморфологические наблюдения и анализ аэрокосмических материалов. Важное место в системе изучения литосферы континентов занимает моделирование вещественных и тектонофизических преобразований в условиях глубинных температур и давлений.

Американские сейсмологи продемонстрировали при помощи специально разработанной аппаратуры и технических средств эффективность

непрерывного профилирования земной коры методом отраженных волн. Заслуживает внимания их предложение создать международную программу подобных исследований на всех континентах [15].

Следует иметь в виду, однако, что профилирование методом отраженных волн не может определить всех особенностей строения расслоенной литосферы, в частности наличие в ней волноводов и круто наклоненных границ неоднородностей. Для их обнаружения нужен комплекс всех методов сейсмического зондирования, интерпретируемых с учетом данных других геофизических наблюдений. Интересные результаты дают обобщения данных о точном положении гипоцентров, форме и механизме очагов землетрясений. Весьма перспективными представляются работы по оценке невязок времен пробега сейсмических волн от более или менее удаленных источников на системе многочисленных близрасположенных станций приема. Это может дать объемную картину распределения литосферных масс, не воссоздаваемую другими сейсмологическими методами. Перспективы развития метода связаны с применением мощных стационарных вибросейсмических источников и передвижных приемно-сейсмических систем. В настоящее время такие источники созданы, разработаны методы интерпретации наблюдений [1]. Таким образом, лишь комплексное применение достижений различных геологических наук позволит создать реальное представление о строении и развитии литосферы континентов, необходимое для науки и практики.

#### Литература

1. Алексеев А. С., Ряшенцев Н. П., Чичинин И. С. Как заглянуть в глубь планеты.— Наука в СССР, 1982, № 3, с. 30—37.
2. Белоусов В. В., Беллевский Н. А., Борисов А. А. и др. Строение литосферы по профилю глубинного сейсмического зондирования Тянь-Шань — Памир — Каракорум — Гималаи.— Сов. геология, 1979, № 1, с. 11—27.
3. Гизе П. Горизонтальная неоднородность земной коры в зонах коллизии.— В кн.: Исследование литосферы и астеносферы на длинных профилях ГСЗ. М.: Наука, 1980, с. 59—78.
4. Кшиппер А. Л., Руженцев С. В. Глубинные разломы и геосинклинальный процесс.— В кн.: Разломы земной коры. М.: Наука, 1977, с. 8—19.
5. Кулагина М. В., Лукк А. А., Кулагин В. К. Блоковое строение земной коры Таджикистана.— В кн.: Поиски предвестников землетрясений на прогностических полигонах. М.: Наука, 1974, с. 70—84.
6. Макаров В. И., Скобелев С. Ф., Трифонов В. Г., Флоренский П. В., Шукин Ю. К. Глубинная структура земной коры на космических изображениях.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Т. 2. М.: ВИНТИ, 1974, с. 9—42.
7. Николаев А. В., Санина И. А. Метод и результаты сейсмического просвечивания литосферы Тянь-Шаня и Памира.— Докл. АН СССР, 1982, т. 264, № 1, с. 69—72.
8. Лейве А. В. Разломы и тектонические движения.— Геотектоника, 1967, № 5, с. 8—24.
9. Тектоническая расслоенность литосферы. М.: Наука, 1980. 216 с.
10. Тектоническая расслоенность литосферы новейших подвижных поясов. М.: Наука, 1982. 192 с.
11. Angenheister G., Bögel H. et al. Recent investigations of surficial and deeper crustal structures of the Eastern and Southern Alps.— Geol. Rundschau, 1972, B. 64, H. 2, S. 349—395.
12. Brewer J. A., Oliver J. E. Seismic refraction studies of deep crustal structure.— Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 1980, v. 8, p. 205—230.
13. Cook F. A., Brown L. D., Oliver J. E. The Southern Appalachians and the growth of Continents.— Sci. Amer., 1980, v. 234, № 4, p. 124—138.
14. Mehnert K. R. The Ivrea zone.— Neues Jahrb. Mineral. Abhandl, 1975, B. 125, № 2, S. 156—199.
15. Oliver J. E. Exploration of the continental basement the world by seismic reflection profiling: a goal for the solid Earth sciences. Memorandum to USGC Committee and Reporters and Participants in USGC Meeting, 1 Nov. 1981. Nat. Research Council, 1981. 6 p.