

УДК 551.248.2/244.3

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПЛИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНОГО РАЗДВИЖЕНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

Е. С. Штенгелов

Результаты исследований, выполняемых нами с 1973 г., показывают, что земная кора континентов находится в настоящее время в состоянии горизонтального раздвижения [28, 30, 31]. Оно реализуется в виде линейных зон трещинного разуплотнения пород, которые разбивают ранее единое поле орогенного сжатия на большое количество блоков, в пределах которых в породах фиксируются остаточные сжимающие напряжения. Эта геодинамическая зональность наблюдается повсеместно, включая и древние платформы, однако наиболее отчетливо и контрастно она выражена: 1) в молодых горно-складчатых сооружениях и вблизи них, 2) в районах развития кристаллических пород, в которых остаточные сжимающие напряжения зафиксированы в структуре и в связи с этим длительное время сохраняются, не релаксируясь. В каждом районе выделяются зоны раздвижения двух основных направлений: параллельные осям горно-складчатых сооружений и приблизительно перпендикулярные им. Ширина их в большинстве случаев составляет сотни метров или километры, тогда как ширина блоков остаточного сжатия — километры или первые десятки километров.

Признаки зон новейшего и современного раздвижения континентальной коры

Для зон раздвижения земной коры характерно наличие открытой субвертикальной трещиноватости пород. Зоны развития такой трещиноватости широко распространены и многократно описаны в литературе под названием «трещинные», «ослабленные», «дробления», «сгущения трещиноватости», «раскрытия трещин», «разрушения» и т. д. В частности, давно установлено, что именно к таким зонам приурочено большинство эрозионных врезов и других отрицательных форм рельефа [12]. Почти все исследователи традиционно связывают генезис таких зон с дизъюнктивными нарушениями или их оперением. В случаях, когда зоны раздвижения земной коры приурочены к кликативным нарушениям (замки и крутые борта антиклиналей и синклиналей, флексуры, грабены), повышенная трещиноватость пород в их пределах обычно объясняется разуплотнением пород при их деформации в период тектогенеза.

Однако имеется ряд бесспорных фактов, свидетельствующих о новейшем и современном возрасте наблюдаемой в породах открытой трещиноватости: 1) одинаковая ориентировка трещин в районах разновозрастного тектогенеза, 2) развитие в четвертичных, в том числе голоценовых, отложениях трещиноватости, направление которой идентично

направлению трещиноватости нижележащих коренных отложений [1], 3) наблюдаемое в ряде районов современное тектоническое трещинообразование (см. далее), 4) повсеместное преобладание вертикальных и субвертикальных трещин независимо от углов падения пород. Эти и некоторые другие факты позволили ряду исследователей сделать вывод, что наблюдаемая тектоническая трещиноватость по преимуществу наложенная, неотектоническая [4, 18].

Возникновение в пределах зон новейшего и современного раздвижения земной коры густой сети открытых субвертикальных трещин ведет к резкому увеличению флюидопроницаемости пород, уменьшению их плотности, прочности, упругости и другим изменениям физических свойств. Поскольку эти изменения проявляются в условиях естественно напряженных массивов, их фиксация возможна только *in situ* при помощи полевых, в частности геофизических, методов, обеспечивающих сферу опробования не менее нескольких кубических метров. Необходимо также иметь в виду, что плановое чередование зон современного раздвижения и остаточного сжатия отчетливо проявляется только в районах развития регионально выдержанных и литологически однородных толщ. В районах, отличающихся литологической пестротой и сложной тектоникой, фиксация современной геодинамической зональности нередко затруднительна, тем более что в этих условиях зоны раздвижения обычно приурочиваются к литологическим контактам или к определенным структурным элементам.

Наши исследования показали [28, 31], что во многих природных ситуациях наиболее четким и легко фиксируемым физическим признаком пород в пределах зон раздвижения является относительно уменьшенная гамма-активность пород (за счет выноса тонкодисперсного терригенного и органогенного материала в условиях интенсивной трещинной фильтрации). Образующиеся в зонах раздвижения гамма-минимумы надежно фиксируются при помощи высокоточной наземной или шпуровой гамма-съемки определенных литологических разностей коренных пород, а также путем использования данных скважинного или пенетрационного каротажа. Эффективность гамма-метрического выявления зон раздвижения подтверждена многочисленными сопоставлениями результатов этих работ с данными прямых измерений напряжений в скальных массивах и косвенными проявлениями геодинамического сжатия и растяжения [31]. При наличии литологически выдержанных толщ, особенно при хорошей геологической обнаженности, высокоточная гамма-съемка коренных пород обеспечивает исключительную, недостижимую никакими другими методами точность картирования геодинамической зональности.

Поскольку в пределах зон раздвижения интенсифицируются экзогенные процессы, большинство этих зон выражено геоморфологически. Они обычно выделяются на аэрофотоснимках в виде полей сгущения линеаментов (мегатрещин). Во многих случаях зоны раздвижения выражены в виде конкретных отрицательных форм рельефа, чаще всего в виде эрозионных долин. Однако, учитывая существенную роль других рельефообразующих факторов (литология, тектоника, климат и т. д.), влияние гидродинамических закономерностей формирования речных систем, широкое распространение карстующихся пород и другие обстоятельства, считать рисунок эрозионной сети точным отражением современной геодинамической зональности было бы ошибочно. Важно отметить и то, что в рельефе выражены только зрелые зоны раздвижения, заложившиеся относительно давно, на ранних стадиях процесса, вне зависимости от их современной активности, тогда как молодые

(и часто наиболее активные в настоящее время) зоны раздвижения обычно еще не успевают получить геоморфологического выражения.

Вероятно, раздвижение тангенциально сжатой коры должно отражаться в современных горизонтальных движениях земной поверхности. К сожалению, до недавнего времени изучению этих движений не уделялось должного внимания, в связи с чем данные о них немногочисленны, основаны на редких сетях, не имеют площадного характера и, как правило, характеризуют короткие отрезки времени. Тем не менее в районах, где нам удалось сопоставить результаты картирования зональности раздвижения с материалами повторных триангуляций, связь горизонтальных смещений реперов с геодинамической зональностью очевидна (рис. 1). Наиболее убедителен материал по Закарпатыю, где

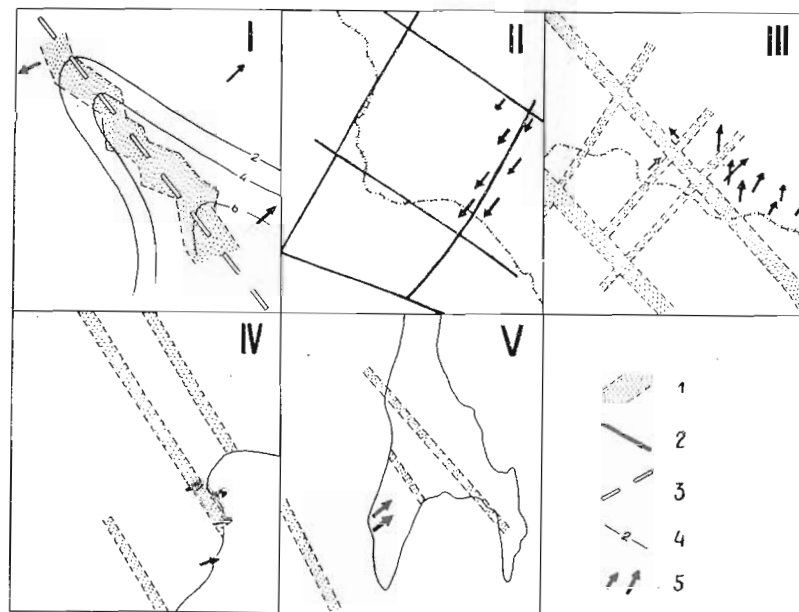


Рис. 1. Связь горизонтальных движений земной поверхности с зональностью современного раздвижения земной коры в Закарпаты (I), южной части Армении (II), Ашхабадском районе (III), на побережье Одесского залива (IV) и в южной части о. Сахалин (V):

1 — зоны новейшего и современного раздвижения; 2 — линии максимального скопления эпицентров землетрясений, по [22]; 3 — прямая, аппроксимирующая сейсмофокальное поле Закарпатья; 4 — изолинии плотности сейсмических линий, по [32]; 5 — векторы горизонтальных смещений наземных реперов, по [3, 8, 10, 14]

отмечается смещение реперов со скоростью до 5 мм/год на северо-восток и юго-запад [14] от крупной зоны раздвижения, прослеженной нами на расстоянии около 50 км (рис. 1, I). Сведения по Армении (рис. 1, II) свидетельствуют о перпендикулярном к направлению раздвиговых зон смещению реперов на юго-запад, т. е. от Кавказского антиклинория, и о расширении Закавказской межгорной зоны: скорости смещения растут с северо-востока на юго-запад от 1,4 до 5,6 мм/год [10]. В районах, где данные о горизонтальных движениях не имеют площадного характера (рис. 1, III, IV, V), обнаруживается перпендику-

лярность векторов смещения реперов направлениям зон раздвижения.

К числу прямых признаков новейшего и современного раздвижения земной коры относится непосредственно наблюдаемое в ряде районов (главным образом засушливых), современное трещинообразование в

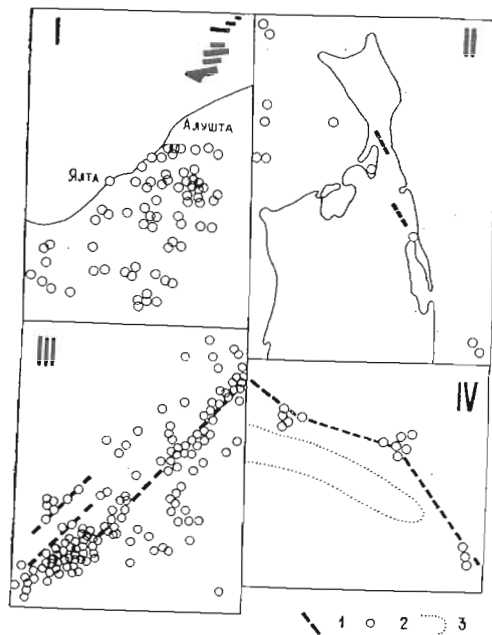


Рис. 2. Связь сейсмичности с зональностью современного раздвижения земной коры на Южном берегу Крыма (I), в северной части о. Сахалин (II), в районе Нурукского водохранилища (III) и Старогрозненского нефтяного месторождения (IV):

1 — зоны раздвижения; 2 — эпицентры землетрясений 1927 г. (I, по [19]), 1973 г. (II, III, по [6]), 1971 г. (IV, по [23]); 3 — контур Старогрозненского месторождения

на их границах. Основанием для этого утверждения является прежде всего приуроченность очагов землетрясений к зонам раздвижения или их продолжениям (рис. 2). В случаях, когда исследование геодинамической зональности выполнено в районах с хорошей сейсмологической изученностью, отмечается совпадение не только положения, но и очертаний сейсмофокальных полей и раздвиговых зон. Так, в Крыму детально оконтуренные с помощью гамма-съемки верхнеюрских известняков Карабийская зона раздвижения (рис. 3, 9) и сейсмофокальное поле, продолжающее ее на юг (рис. 2, I), имеют одинаковый генеральный азимут (СВ 27°), закономерно расширяются в сторону глубоководной впадины Черного моря и представляют собой левые ряды субширотных, последовательно удлиняющихся на юг кулис [30].

В пользу представления о том, что сейсмичность обусловлена современным раздвижением земной коры, свидетельствуют также соответ-

пределах отчетливо локализованных линейных полос. Образование таких трещинных зон обстоятельно изучено, например, в Центральных Кызылкумах [9]. Здесь отмечается возникновение и расширение открытых (с зиянием до 5 см и более) вертикальных трещин, образующих полосовидные зоны шириной 300—500 м северо-восточного и северо-западного направлений. Именно такое направление у подавляющего большинства выявленных раздвиговых зон (рис. 1—4, 6).

Раздвижение земной коры и сейсмичность

Сопоставление результатов изучения современной геодинамической зональности с сейсмологическими данными позволяет утверждать, что продолжающееся в наши дни раздвижение континентальной коры — главная, если не единственная, причина землетрясений в пределах континентов и

вие азимутов изосейст характерным для данного района направлениям зон раздвижения и прямая связь между сейсмоактивностью территорий и степенью контрастности зон сжатия и растяжения. Последняя возрастает с приближением к горно-складчатым сооружениям (за счет увеличения интенсивности остаточных сжимающих напряжений).

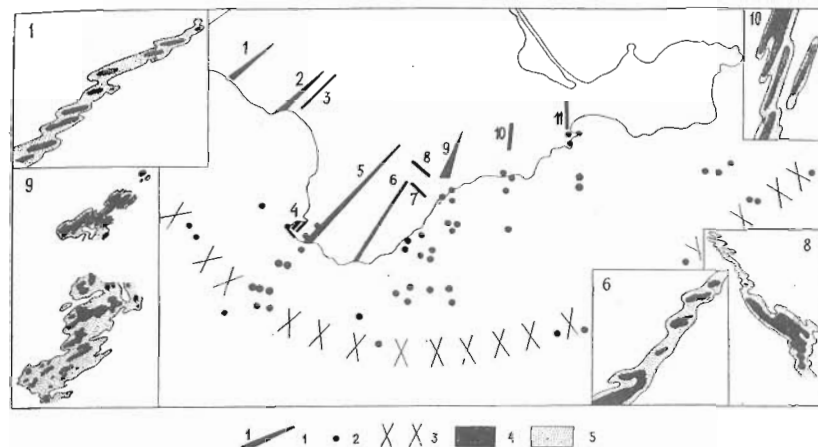


Рис. 3. Схема современного раздвижения земной коры Крыма: 1 — положение наиболее значительных зон современного раздвижения и их номера; 2 — эпицентры землетрясений, по [19]; 3 — предполагаемое положение дугообразного сдвига; 4—5 — участки раздвижения: 4 — весьма интенсивного, 5 — интенсивного. Номера зон: 1 — Догузлавская; 2 — Северо-Сасыкская; 3 — Южно-Сасыкская; 4 — Гераклейская группа; 5 — Балаклавско-Симферопольская; 6 — Скельская; 7 — Чатырдагская; 8 — Долгорукковская; 9 — Карабийская; 10 — Западно-Агармышская; 11 — Фосодосийская

Таким образом, есть основания считать причиной континентальных землетрясений рост уже существующих и возникновение новых зон раздвижения земной коры. Естественно, что происходящие при этом разрывы блоков остаточного сжатия могут сопровождаться сейсмическими толчками в тех случаях, когда: 1) раздвижение происходит достаточно быстро и в связи с этим не может компенсироваться ползучестью пород, а ведет к их хрупкому разрушению, 2) раздвижение затрагивает породы с большим внутренним сцеплением, разрывы которых происходят резко и имеют взрывообразный характер. При этом в образующиеся трещины (и через них в вышерасположенные водоносные горизонты и на поверхность) поступают определенные объемы газов и высоконапорных, минерализованных, термальных вод, находившихся до разрыва в состоянии упругозамкнутого режима в порах и трещинах гидроразрыва тангенциально сжатых пород. Характер наблюдаемых при сейсмических толчках гидрогеологических и геохимических явлений (усиление эмиссии газов, в том числе инертных и радиоактивных, временное увеличение напоров, минерализации и температуры подземных вод) хорошо согласуется с приведенной схемой генезиса землетрясений [30]. В связи с тем что разрыву пород, обладающих большим внутренним сцеплением, должен предшествовать определенный период упругого растяжения (при этом чем интенсивнее разрыв, тем длительнее период предшествующий ему упругого растяжения), непосредственно перед

разрывом наблюдается некоторое уменьшение напоров подземных вод, их минерализации, эмиссии газов и т. д.

Поскольку при росте зоны раздвижения увеличивается взаимосообленность разделяемых ею блоков остаточного сжатия, последние в результате разрыва могут смещаться относительно друг друга как в плане (сдвиг), так и по вертикали: «всплывание» одного края или угла блока (взброс) или его «погружение» (сброс). Такие взаимные смещения блоков, обычно отражающиеся на земной поверхности, действительно часто наблюдаются при землетрясениях.

Представление о современном раздвижении земной коры как причине землетрясений подтверждается и данными о так называемой возбужденной сейсмичности. Как известно, существуют два типа техногенных воздействий, стимулирующих сейсмичность: 1) увеличение гидростатического напора при создании глубоких водохранилищ или нагнетании жидкостей в скважины, 2) уменьшение пластовых давлений при добыче подземных вод, нефти и газа или при разработке горных пород в крупных карьерах. Анализ описанных в литературе землетрясений первого типа (мы будем условно называть их «водохранилищными») свидетельствует о том, что все они связаны с зонами современного раздвижения и обусловлены искусственным ускорением естественного процесса формирования этих зон в связи с увеличением в них гидростатического давления на 10—20 кг/см² (при столбе воды 100—200 м). Так, для района Нурекского водохранилища, заполнение которого вызвало серию сейсмических толчков, приуроченность водохранилища и очагов возбужденных землетрясений к системе зон современного раздвижения, отчетливо выявляемых по инженерно-геологическим и геофизическим данным, показана на рис. 2, III. Для других районов связь очагов стимулированных землетрясений с зонами раздвижения, в которых сооружены высоконапорные водохранилища или осуществляется нагнетание жидкостей, подтверждается приуроченностью водохранилищ к крутостенным, иногда каньонообразным долинам, которые являются характерным геоморфологическим проявлением зон раздвижения; наличием геологических структур, к которым чаще всего приурочиваются такие зоны (антиклиналы, флексуры, грабены); повсеместно отмечаемой высокой трещиноватостью пород [16]; нередко наблюдаемыми выходами термальных вод и т. д.

Возбужденные землетрясения, стимулированные искусственным уменьшением давления пластовых флюидов, можно условно назвать «нефтегазопромысловыми», так как наиболее часто они связаны с эксплуатацией месторождений углеводородов. В работе [29] показано, что 1) все месторождения нефти и газа расположены в пределах блоков остаточного сжатия, поскольку трещиноватость покрышек в зонах раздвижения приводит к разгерметизации ловушек и разрушению скоплений углеводородов; именно этим объясняется большое количество «пустых», т. е. с обводненными коллекторами, антиклинальных структур, 2) большинство их оконтурено по краю (или двум краям) зонами раздвижения, лимитирующими залежь. В этих условиях падение пластового давления внутри блока остаточного сжатия способствует ускорению формирования прилегающих зон раздвижения, что может сопровождаться землетрясениями. Приуроченность эпицентров «нефтегазопромысловых» землетрясений к зонам, лимитирующим эксплуатируемое месторождение (рис. 2, IV), подтверждает этот вывод. В случае, если добыча ведется с поддержанием пластового давления на первоначальном уровне (с помощью заводнения), возбужденная сейсмичность не отмечается [24]. Однако, если нагнетание воды в пределах лимити-

рующих зон раздвижения (а наиболее приемистые скважины располагаются именно здесь) ведется со значительным увеличением давления относительно первоначального, возникает возбужденная сейсмичность [21], которая относится к «водохранилищному» типу.

Веерообразность современного раздвижения земной коры и природа зон Беньофа

Для расположения зон современного раздвижения континентальной коры характерна веерообразность. Она отчетливо проявляется, например, на Крымском полуострове, где положение раздвиговых зон изучено нами особенно полно. Здесь развиты зоны двух основных направлений: северо-восточного и северо-западного. Первые более отчетливы, многочисленны и значительны по размерам и часто хорошо выражены геоморфологически в виде крупных отрицательных форм рельефа или зон резкого увеличения интенсивности развития карста. Наиболее крупные из них оконтурены при помощи выполненной в 1973—1977 гг. гамма-съемки понтических, сарматских и верхнеюрских известняков (рис. 3). Азимуты этих (и окружающих их более мелких) зон закономерно изменяются от ВСВ 55—60° на западе полуострова до субмеридиональных в районе Судака и Феодосии. Все зоны расширяются на юг, наиболее четко это проявляется в строении зон, южные продолжения которых в пределах шельфа выражены сейсмфокальными полями: Балаклавско-Симферопольской, Карабийской и Феодосийской. В строении всех зон наблюдается левая кулисность, причем направления кулис закономерно изменяются с запада на восток от широтных до восток-северо-восточных: у Донузлавской — СВ 80° (при генеральном направлении зон СВ 55°), Карабийской — СВ 60° (СВ 27°), Судакской — СВ 25° (СВ 10°). Такой характер кулисности дает основание для предположения, что вращательное раздвижение земной коры Крымского веера шло и идет с запада на восток.

Естественно, что при таком раздвижении должна существовать дугообразная зона сдвиговых смещений, являющаяся внешней границей веерообразного участка раздвигающейся земной коры. Такой границей служит, по-видимому, дугообразная зона, ограничивающая с юга область распространения крымских землетрясений (рис. 3). К этой дуге, которая почти на всем протяжении совпадает с континентальным склоном, приурочено большинство относительно глубокофокусных землетрясений. Наряду с вращательно-сдвиговым нарушением сплошности коры и верхней мантии здесь в определенной степени проявляется, очевидно, и надвигание более мощной коры полуострова на кору Черного моря. Об этом говорит наличие раздвигов северо-западного простирания, выявленных при помощи гамма-съемки (рис. 3, 7, 8) или проявляющихся в виде цепочек шельфовых землетрясений 1928—1973 гг. [30] в сектороподобном блоке между Карабийской и Балаклавско-Симферопольской зонами. Благодаря выдвиганию этого блока в юго-западном направлении в основании континентального склона на участке Балаклава — Алушта наблюдается интенсивное смятие в складки плейстоцен-голоценовых донных осадков [26].

Веерообразность расположения раздвиговых зон отмечается практически всюду, где мы изучали современную геодинамическую зональность. Отчетливо проявляется она, например, в Северо-Западном При-

черноморье. Зоны раздвижения здесь преимущественно северо-северо-западного и субмеридионального направлений (рис. 4, I). Самые крупные и зрелые из них выражены в виде речных долин и лиманов. Они, как правило, расширяются на юг, а на западе района, там, где они

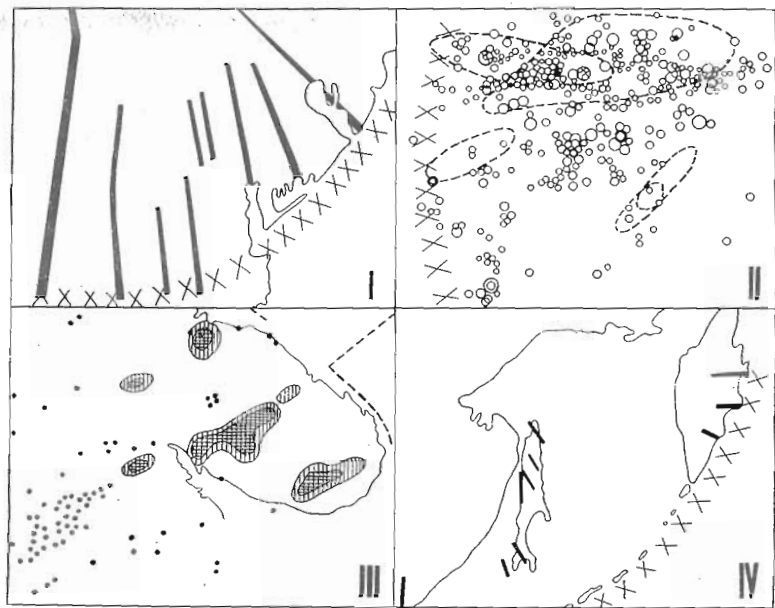


Рис. 4. Всереобразность современного раздвижения земной коры в Северо-Западном Причерноморье (I), Гарьском районе (II), на Кольском полуострове (III) и Дальнем Востоке (IV):

1 — зоны раздвижения; 2—3 — участки мегатрещиноватости: 2 — интенсивной, 3 — весьма интенсивной, по [7]; 4 — шельфовые желоба, по [13]; 5 — эпицентры землетрясений, по [12, 17]; 6 — изосейсты землетрясений, по [2]; 7 — ограничивающие дуги

проектируются на глубоководную впадину Черного моря, отмечается их веерообразное расхождение в южном направлении. Оно особенно значительно между крупной зоной, по которой заложена долина р. Диестра (эта зона проектируется на континентальный склон западной части Крыма), и раздвигом, к которому приурочена долина р. Прута, проектирующаяся на западное побережье Черного моря. Веерообразное расхождение раздвигов составляет здесь около 40° : от СЗ 320° на востоке до СВ 5° на западе. Внешним контуром рассмотренного

веера раздвижения является зона, дугообразно изогнутая от устьевой части Дуная вдоль побережья Черного моря по линии Измаил — Коблево — Одесса — Коблево. Ее признаки: сейсмичность в западной части, пониженная плотность земной коры [5], интенсивные современные отрицательные движения земной поверхности и горизонтальные смещения наземных реперов на восток [3], а также резко повышенная оползневая активность.

Веерообразное расположение зон раздвижения устанавливается во многих других районах СССР (рис. 4). В ряде районов Евразии отчетливо выделяются дугообразные сдвиги-надвиги, огибающие веерообразные участки раздвижения земной коры и обычно отмечаемые глубокими землетрясениями, например подробно описанные в литературе [33] Эллинская (Эгейская) и Кипрская, а также Румынская

(в частности, район Вранча) и Южно-Итальянская дуги. Такова же, с нашей точки зрения, природа Курило-Камчатской и других островных дуг (зон Беньюфа). В частности, внутри сектора земной коры, ограниченного Курило-Камчатской дугой, в южной части (Сахалин) четко преобладают раздвиги северо-северо-западных направлений или даже субмеридиональные (рис. 2, II; 4, IV), а в северной части (Камчатка) развиты субширотные и запад-северо-западные зоны раздвижения.

Веерообразность расположения раздвиговых зон является, очевидно, следствием раздвижения земной коры с изменяющейся в плане прочностью, главным образом из-за ее различной толщины. Схема процесса показана на рис. 5. При этом сейсмоактивность дугообразных сдвигов и глубинность очагов землетрясений в них определяются скоростью раздвижения радиальных зон и, следовательно, скоростью вращательных сдвиговых смещений в дуге. Там, где эти скорости малы, сдвиговые смещения могут либо вовсе не вызывать разрушения горных пород (в связи с их ползучестью), либо вызывать разрушение только самой верхней, наиболее хрупкой части земной коры. С увеличением скорости вращательных сдвиговых смещений разрывы сплошности вещества происходят на все больших глубинах, поскольку ползучесть вещества оказывается недостаточной для обеспечения безразрывного вязкопластичного течения. В условиях максимальных скоростей

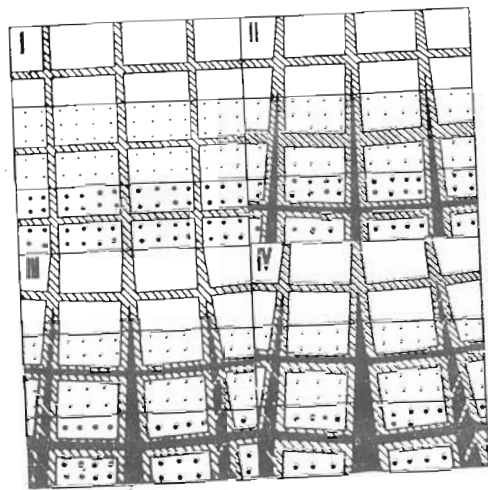


Рис. 5. Схема веерообразного раздвижения земной коры (в плане):

1—3 — мощность земной коры: 1 — большая, 2 — средняя, 3 — малая; 4 — участки раздвижения; 5 — участки интенсивного раздвижения.

I—IV — этапы раздвижения

сдвигового вращения глубины очагов землетрясений могут достигать 600—700 км.

Веерообразное раздвижение земной коры наиболее активно проявляется в районах молодого орогенеза (Тихоокеанский и Средиземноморско-Памирский пояса). Это естественно, так как именно здесь возникла в результате альпийского орогенеза максимальная неоднородность коры — резкие колебания ее мощности и величин горизонтальных напряжений. Однако фактический материал показывает, что веерообразное раздвижение земной коры наблюдается всюду, где изменяется ее мощность, в том числе и в пределах древних платформ.

Такой же характер раздвижения отмечается на ряде участков побережий Атлантического и Северного Ледовитого океанов. Например, на Кольском полуострове — восточной части обширного Скандинавского веера раздвижения, — как свидетельствует положение сейсмических зон [17] и полей повышенной трещиноватости [7], выделяется по меньшей мере три зоны северо-восточного простираения современного раздвижения, веерообразно расходящиеся на север (рис. 4, III). Наиболее крупная зона пересекает по азимуту СВ 50° центральную часть полуострова (на юг ее продолжает полоса эпицентров, простирающаяся вдоль южного побережья Ботнического залива, а на север — шельфовый желоб, вытянутый по направлению к Новой Земле). Юго-восточнее этой зоны находится еще одна с азимутом СВ 60°, а северо-западнее — менее четко выраженная зона с азимутом СВ 40°. Как видно из схемы, данный веер раздвижения оконтуривается с севера прерывистой полосой продольных (краевых) желобов. Эти широко распространенные на севере Европы, Азии и Америки образования [13], видимо, являются зонами вращательных сдвиговых смещений, которые в связи с небольшими скоростями сдвига либо несейсмичны, либо генерируют лишь мелкофокусные землетрясения.

Посторогенное раздвижение земной коры в геологической истории Земли

Приведенные данные (сейсмоактивность зон раздвижения, горизонтальные смещения земной поверхности, современное трещинообразование) и ряд других фактов свидетельствуют о том, что раздвижение тангенциально сжатой при альпийском тектогенезе земной коры продолжается в наши дни. Представляет интерес вопрос о времени начала современного периода раздвижения. Имеющиеся данные позволяют отнести его к плиоцену. Например, верхнеплиоценовый возраст наиболее древних карстовых полостей Горного Крыма, располагающихся в пределах Карабийской, Долгоруковской и других крупных зон раздвижения, обоснован огромным фактическим материалом и сомнений не вызывает. Известно и то, что все наиболее крупные речные долины, приуроченные, несомненно, к самым зрелым зонам раздвижения, также заложены в верхнем плиоцене или нижнем плейстоцене. Таков же возраст наиболее древних оползневых смещений, гравитационно-обвальных накоплений в основаниях крупных склонов.

Закономерно предположение, что плиоцен-четвертичное раздвижение сжатой и деформированной альпийским тектогенезом земной коры имеет аналоги в геологическом прошлом. Данные об этом, действительно, есть.

С нашей точки зрения, бесспорным признаком линейно-зонального раздвижения восточной части Русской платформы в девоне являются найденные в последнее время [15, 27] так называемые девонские микрограбены (рис. 6). Эти структуры — результат горизонтального растяжения, сменившегося впоследствии (очередной цикл орогенного сжатия, со стороны края платформы) смятием более пластичных отложений, выполнивших эти зоны. Показательно, что направления девонских микрограбенов тождественны направлениям современных зон раздвижения этой части Русской платформы и расположены они веерообразно.

Проявления линейно-зонального раздвижения земной коры зафиксированы в геологическом строении ряда областей более позднего тектогенеза, например на востоке Забайкалья. Здесь изучены и описаны [11, 20] полосовидные зоны и крупные пояса трещинных интрузий, главным образом даек различного состава, связанные с зонами повышенной открытой трещиноватости,

причем показательно, что они явно наложены на структурный план пород, в которых развиты. В работе [11] показано, что возраст этих трещинных зон послееорский, они возникли после завершения складчатости, в период перехода региона к платформенному режиму. В работе [25] отмечается широкое совпадение полосовидных зон повышенной магматической проницаемости Восточного Забайкалья, относящихся к каледонскому, герцинскому и киммерийскому тектоническим циклам. Таким образом, зоны раздвижения этого района каждый раз закладывались на одних и тех же местах. Имеется обширный материал, показывающий, что крупные зоны современного раздвижения земной коры (например, Байкальский, Аденский, Красноморский и другие рифты) заложены на участках с длительной и сложной историей развития, в которой посторогенное (в том числе современное) раздвижение неоднократно прерывалось и сменялось орогенным сжатием. Ориентировка зон раздвижения при этом сохраняется: например, в Забайкалье у всех посткаледонских, постгерцинских, посткиммерийских и современных (в том числе Байкальский рифт) зон раздвиже-

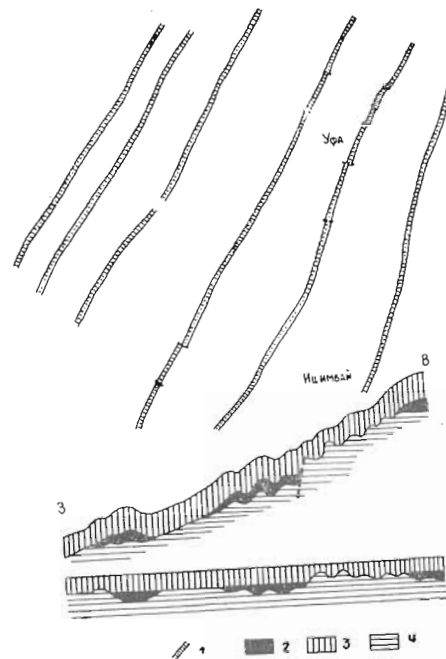


Рис. 6. Схема расположения девонских микрограбенов в юго-восточной части Русской платформы, по [27], геологический и палеогеографический разрез поперек микрограбенов, по [15]:
1 — девонские микрограбены; 2—4 — отложения; 2 — выполняющие грабены, 3 — вышележащие, 4 — нижележащие

ния независимо от направлений складчатых и дизъюнктивных структур азимуты СВ 30—60°.

Таким образом, предположим, что посторогенное раздвижение коры имеет место после завершения каждого этапа орогенеза. Поскольку все наблюдаемые в настоящее время проявления эндогенной активности (сейсмичность, горизонтальные и вертикальные движения земной поверхности, магматический и грязевой вулканизм, эмиссия глубинных флюидов и т. д.) можно объяснить процессом раздвижения земной коры, есть основания считать его единственным в межорогенные периоды тектоническим процессом.

Закономерен вопрос о его движущих силах. Параллельность большинства зон современного раздвижения осям альпийских горно-складчатых сооружений, их перпендикулярность направлениям остаточного горизонтального сжатия [31], прямая связь между активностью раздвижения и интенсивностью остаточного горизонтального сжатия — все говорит о том, что посторогенное раздвижение в значительной степени стимулируется неоднородностью напряженно-деформированного состояния земной коры, порожденной орогенезом. Не следует забывать и о колоссальной потенциальной энергии упругосжатых в породах пластовых флюидов. Определенную роль, несомненно, играют и явления планетарно-ротационного порядка: неравномерность вращения Земли, силы Кориолиса, вибрационные эффекты и т. п.

Возникает вопрос: за счет чего происходит посторогенное раздвижение континентальной коры? Естественно, что наиболее просто он решается в рамках широко известной гипотезы расширяющейся Земли. Однако нельзя считать, что привлечение этой гипотезы обязательно: можно предположить, что раздвижение участков максимального орогенного сжатия земной коры компенсируется постепенным уменьшением площади участков более тонкой коры, где интенсивность орогенного сжатия не так значительна (путем надвига-подвиговых и горизонтально-сдвиговых перемещений блоков земной коры). Данные о плиоцен-четвертичном и современном надвигании молодых горно-складчатых сооружений на прилегающие участки меньшей степени дислоцированности пород (главным образом предгорные прогибы) есть для ряда районов СССР (рис. 1, I—III) и других стран. Можно предполагать, что на окраинах материков выравнивание поля напряжений в пределах континентальной коры сопровождается ее давлением на более тонкую кору окраин океанических бассейнов. Признаки надвигания коры Крымского полуострова на кору Черного моря уже были рассмотрены. Такие же признаки (в частности, смятие донных осадков) отмечаются и по другим веерам раздвижения на границах континентов и океанов (морей).

Несомненно, что дальнейшее изучение процесса посторогенного раздвижения континентальной коры позволит более полно охарактеризовать этот процесс и существенно уточнить представления о тектонической истории Земли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апродова А. А.—В кн.: Новейшая тектон., новейшие отложения и человек, вып. 2. М., 1969.
2. Атлас землетрясений в СССР. Под ред. Е. Ф. Саваренского. М., 1962.
3. Благоволин Н. С., Либиенберг Д. А.—В кн.: Современ. движ. земной коры, № 5. Тарту, 1973.
4. Буданов Н. Д.—«Сов. геология», 1957, № 58.
5. Вашилов Ю. Я., Кучериненко В. А.—«Изв. АН СССР. Физ. Земли», 1977, № 7.
6. Возбужденная сейсмичность вблизи Нурекского водохранилища. Под ред. С. Х. Негматуллаева. Душанбе, 1975.
7. Горбунов Г. И., Макиевский С. И., Миркин Г. Р.—«Сов. геология», 1977, № 5.
8. Захаров В. К.—«Тр. Сахалин.

9. Ибрагимов Р. Н., компл. НИИ ДНЦ АН СССР», вып. 30. Владивосток, 1975.
10. Якубов Д. Х., Ахмеджанов М. А. Новейшие структуры Центральных Кызыл-кумов и их сейсотектонические особенности. Ташкент, 1973.
11. Казанчян П. П.—В кн.: Пробл. соврем. движ. земной коры. М., 1969.
12. Лавинин В. Л., Соловьев В. С.—«Изв. высш. учеб. заведений. Геол. и разведка», 1964, № 2.
13. Матмин Ю. С.—«Изв. высш. учеб. заведений. Геол. и разведка», 1977, № 4.
14. СудакOVA Т. А. Наземные методы геофизики при изучении трещиноватости и водообильности скальных пород. М., 1976.
15. Маташов Г. Г.—«Океанология», 1976, т. 16, вып. 2.
16. Мельничук М. И.—В кн.: Геофиз. сб. АН УССР, 1976, т. 228, № 3.
17. Ни-логия», 1977, № 4.
18. Микртчан А. М.—«АН СССР, 1975, т. 228, № 3.
19. Николаев Н. И.—«Изв. высш. учеб. заведений. Геол. и разведка», 1977, № 4.
20. Никонов А. А., Панасенко Г. Д.—В кн.: Современ. движ. земной коры, 1977, № 4.
21. Пермяков Е. Н. Тектоническая трещиноватость Русской платформы. М., 1949.
22. Пустовитенко Б. Г., Каменобродский А. Г.—«Сов. геология», 1956, № 53.
23. Радкевич Е. А., Томсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
24. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
25. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
26. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
27. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
28. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
29. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
30. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
31. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
32. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
33. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
34. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
35. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
36. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
37. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
38. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
39. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
40. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
41. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
42. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
43. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
44. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
45. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
46. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
47. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
48. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
49. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
50. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
51. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
52. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
53. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
54. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
55. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
56. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
57. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
58. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
59. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
60. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
61. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
62. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
63. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
64. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
65. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
66. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
67. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
68. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
69. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
70. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
71. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
72. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
73. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
74. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
75. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
76. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
77. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
78. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
79. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
80. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
81. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
82. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
83. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
84. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
85. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
86. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
87. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
88. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
89. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
90. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
91. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
92. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
93. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
94. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
95. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
96. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
97. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
98. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
99. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.
100. Ратсон И. Н., Горлов Н. В.—«Сов. геология», 1977, № 4.

Поступила
03.11.77