

Разлом Сан-Андреас предостерегает...

А. А. Никонов
Кандидат географических наук
К. И. Никонова

Соглашение об исследованиях в области охраны окружающей среды, выработанное Смешанной Советско-Американской комиссией, предусматривает, в частности, совместные работы двух стран по проблеме предсказания землетрясений.

Принятая во время недавнего визита советских сейсмологов в США предварительная программа совместных исследований по прогнозу землетрясений включает работы в области инженерной сейсмологии, сейсмического районирования, теоретические, лабораторные и полевые исследования физических процессов в очагах землетрясений, использование ЭВМ для прогноза землетрясений.

Важным пунктом программы является проведение полевых геологических, сейсмологических и геодезических исследований специалистами каждой из стран на территории другой страны. В качестве объекта совместного изучения на территории США выбран район разлома Сан-Андреас в Калифорнии, на территории СССР — Гармский полигон в Средней Азии.

В Америке говорят: Сан-Франциско и Лос-Анджелес сближаются. И это не метафора. Два крупнейших калифорнийских города, расположенных на противоположных сторонах одного из грандиознейших на Земле разломов — Сан-Андреаса, приближаются друг к другу со скоростью 1—3 см/год. И хотя движение это незаметно для глаза, во многих местах Калифорнии трескаются и разрушаются здания, разрываются трубопроводы и полотна дорог, приходят в аварийное состояние нефтяные промыслы и акведуки. Виновник — Сан-Андреас.

Под этим названием обычно пони-

мают целую систему разломов северо-западного простирания в поясе шириной 60—200 км. Среди них собственно Сан-Андреас — наиболее активный и протяженный разлом. Длина его около 1000 км, ширина — до 10 км, глубина — до 15—18 км. В рельефе он выражен четкими, прямолинейными и крутыми рвами, уступами, узкими грядами и впадинами. Они хорошо видны на местности, картах и аэрофотоснимках.

Впервые на Сан-Андреас обратили внимание после знаменитого сан-францисского землетрясения 1906 г., одного из самых крупных в мире (магнитуда — 8,3). Тогда трещины вдоль разлома Сан-Андреас распространились на суше на 230 км, вертикальные подвижки по ним достигали 0,3—0,6 м, а горизонтальные — 4—6 м! Таких горизонтальных сдвиговых перемещений на памяти человечества не происходило. Сдвигались и разрушались дороги, водопроводы, тунне-

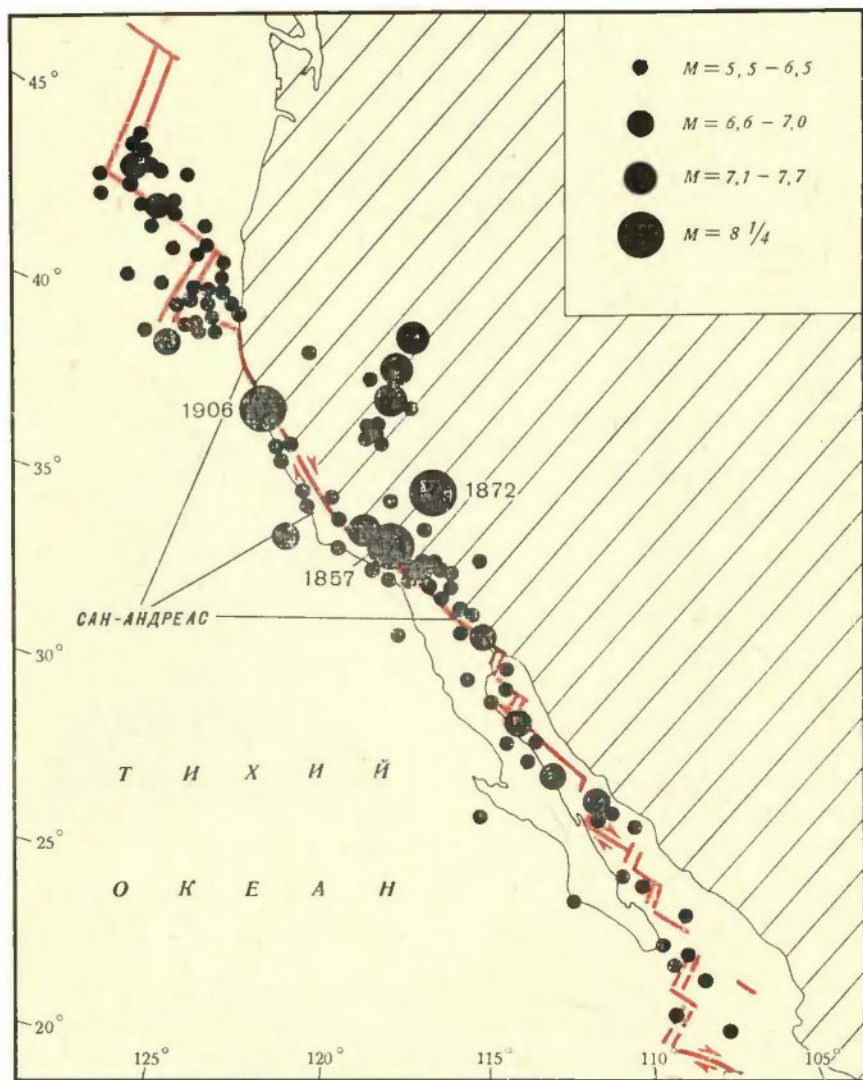
Как гигантский шрам протянулся разлом Сан-Андреас через равнину Карризо. Круглые склоны, изломанные и смещенные русла потоков свидетельствуют о недавних интенсивных движениях по разлому.



Андрей Алексеевич Никонов, старший научный сотрудник Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Занимается исследованиями новейших движений земной коры, сейсмотектоникой и геоморфологией. Автор многих научных и научно-популярных работ, в том числе в журнале «Природа»: 1968, № 4; 1969, № 1; 1971, № 3; 1972, № 3.



Корнелия Ивановна Никонова, старший инженер лаборатории современных движений земной коры того же института.



Положение разлома Сан-Андреас на западе Северо-Американского континента и связанная с ним сейсмичность. Магнитуда землетрясений показана кружками. Цветными линиями показан разлом и прилегающие к нему участки срединно-океанического хребта. На рисунке обозначены годы крупнейших землетрясений.

ли, заборы и т. п. А когда стали искать свидетельства более ранних движений земной коры, то оказалось, что другое крупнейшее землетрясение 1857 г. сопровождалось сдвиганием на протяжении более 100 км, а максимальная величина его достигала 9—11 м.

С тех пор как в 1849 г. в Калифорнии началась «золотая лихорадка» и сотни тысяч переселенцев хлынули в этот прежде пустынный край, в штате произошло 20 разрушительных зем-

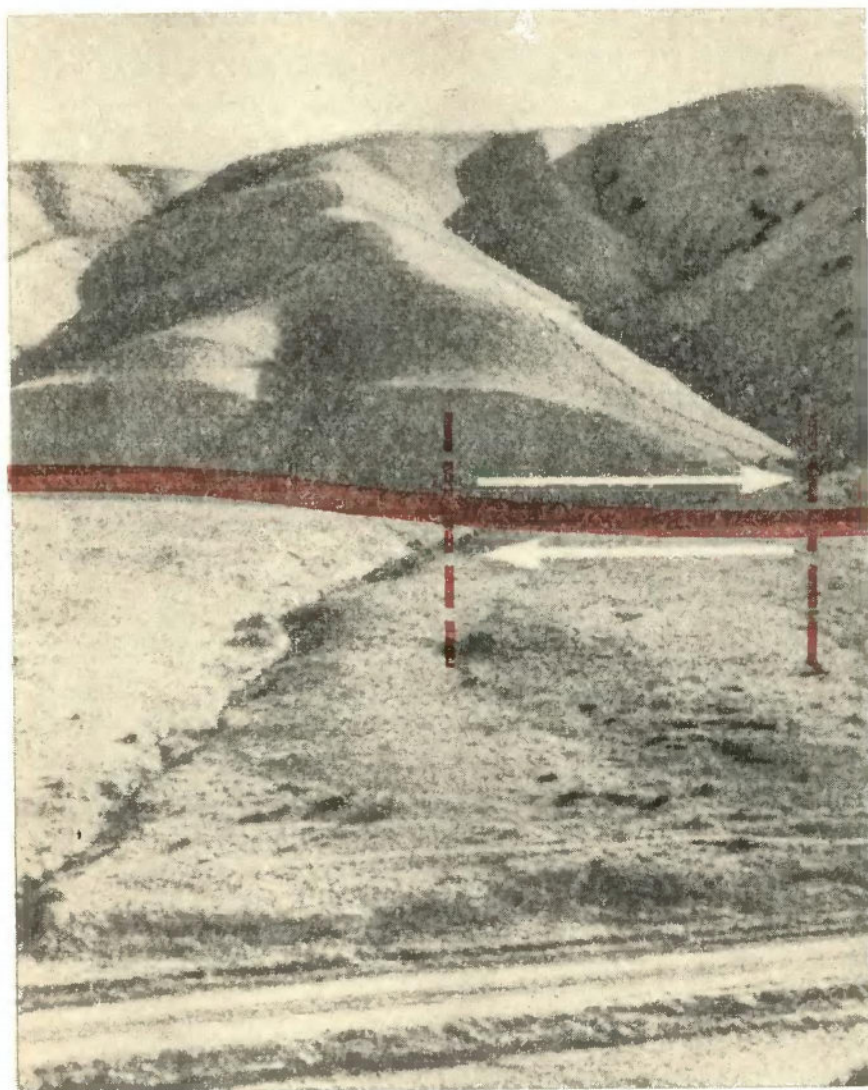
летрясений. Только одно из них, последнее, в феврале 1971 г. причинило ущерб размером около 1 млрд долларов. А ведь это было обычное землетрясение средней силы. Но наибольшей катастрофой до сих пор остается землетрясение 1906 г., разрушившее несколько городов Северной Калифорнии. Только в одном Сан-Франциско погибло 450, а осталось без крова 250 тыс. жителей города. Сейчас в Сан-Франциско и его пригородах живет свыше 2 млн чело-

век, и большинство американцев хотели бы жить в этом городе. Между тем многие американские ученые полагают, что очередное катастрофическое землетрясение в Северной Калифорнии произойдет еще до конца нашего столетия.

Изученность сдвига Сан-Андреас и размах проводимых в Калифорнии исследовательских работ сейчас таковы, что Калифорнию можно назвать сейсмическим полигоном, результаты испытаний на котором могут благотворно отразиться на судьбе всех живущих в сейсмически опасных районах мира. Интерес к Сан-Андреасу специалистов в области наук о Земле неизменен в течение многих десятилетий. Однако в последние годы Калифорния и Сан-Андреас привлекают особое внимание геологов и геофизиков мира в связи с так называемой гипотезой «тектоники плит»¹.

Еще десять лет назад по расположению эпицентров землетрясений считали, что Сан-Андреас продолжается на сотни километров к северо-западу и юго-востоку в Тихий океан. Однако новейшие исследования дают основание полагать, что на севере и юге разлом переходит в рифтовые зоны Восточно-Тихоокеанского крупного океанического поднятия (хребта), рассеянные поперечными разрывными нарушениями. Сдвиг Сан-Андреас считают теперь границей между Тихоокеанской и Североамериканской плитами. На этом участке Тихоокеанская плита пододвигалась в широтном направлении под Североамериканскую до тех пор, пока Восточно-Тихоокеанский срединно-океанический хребет и рассекающий его рифт не столкнулись около 30 млн лет назад с материковой плитой, отчего и возникли морфоструктуры Береговых хребтов Кордильер. В процессе дальнейшего движения рифт был затянута под край материковой плиты, в мантию, где лишился подтока материала и был переработан. В то же время существовавшее еще раньше северо-западное движение

¹ В. Е. Хаин. Происходит ли научная революция в геологии? «Природа», 1970, № 1; Л. П. Зоненшайн. Проблемы глобальной тектоники. «Природа», 1972, № 11.



В течение последних 250–300 лет русло реки смещено примерно на 14 м (смещение показано стрелками между цветными пунктирными линиями) в результате горизонтальных движений вдоль разлома Сан-Андреас (цветная полоса).

ние Тихоокеанской плиты относительно Североамериканской стало преобладающим, с ним связана система разломов Сан-Андреас. С тех пор здесь происходит сдвигание литосферных плит, тогда как за пределами системы к югу и северу продолжается пододвигание плит, развитие рифтов и мелких трансформных разломов.

Калифорния оказывается чуть ли не единственным и, во всяком случае, наиболее изученным участком на

земном шаре, где граница плит находится не под толщей океанских вод, а на суше, и доступна всему комплексу непосредственных наблюдений и измерений.

Следы прежних сдвиговых перемещений

Многочисленные горизонтальные перемещения по системе Сан-Андреас происходят в течение последних десятков миллионов, миллионов и

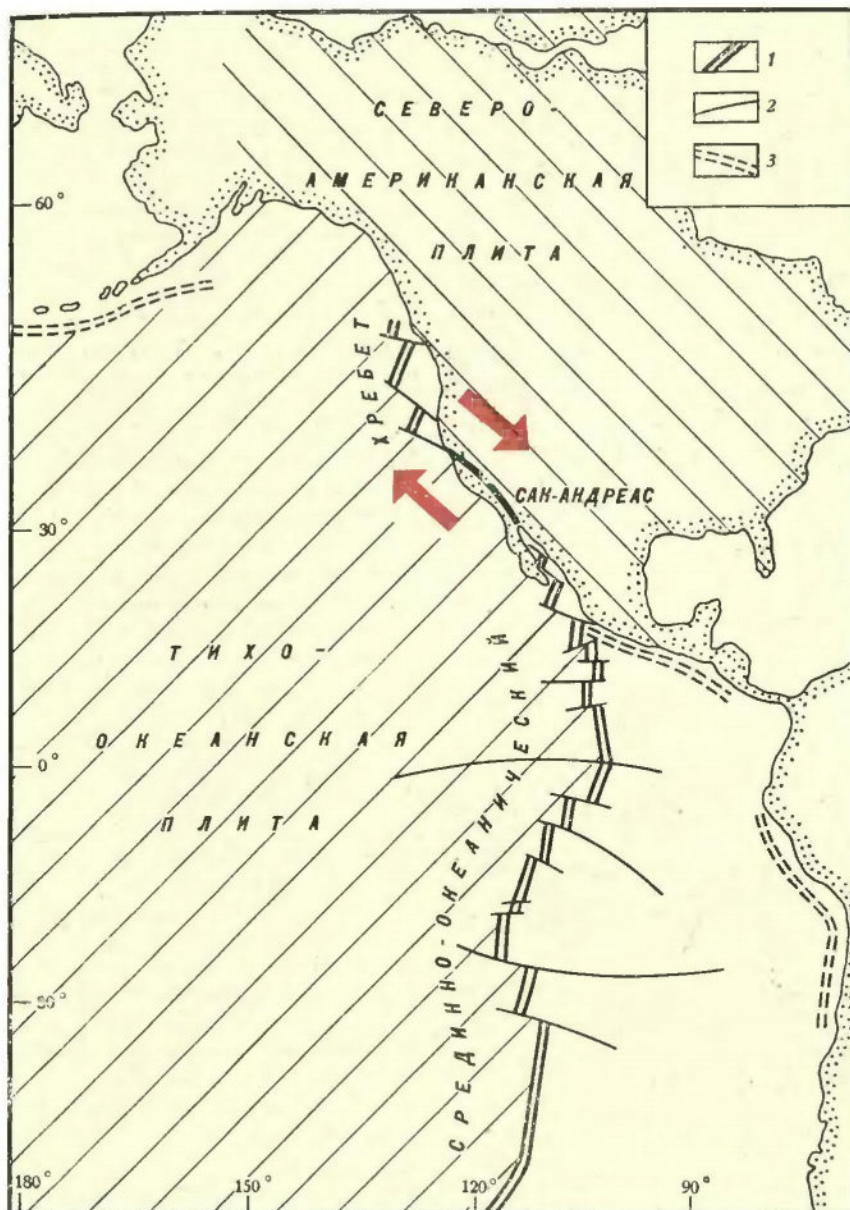
тысяч лет. К ним, прежде всего, относятся смещения элементов рельефа: русел временных и постоянных потоков, долин, водораздельных линий, уступов террас, склонов гор и холмов. На топографических картах и аэрофотоснимках обычно хорошо видно сдвигание русел рек и водоразделов над разрывами на величину 100–1500 м. Севернее Поперечных хребтов на Сан-Андреасе на протяжении 110 км обнаружено более 130 смещенных русел. Смещения, обычно правосторонние, величина их — от нескольких метров до 1,2 км. Многие русла, пересекая разлом, дают несколько ветвей. Очевидно, это признак повторяющегося, импульсного характера смещений.

Подобные смещения русел найдены и на других разломах. Поскольку русла «молодые» и врезаны в верхнеплейстоценовые и более древние отложения, считают, что смещения произошли в последние тысячи — десятки тысяч лет.

Кроме того, одинаковые по составу и возрасту обломочные породы по разные стороны разлома удалены друг от друга. Например, в Поперечных хребтах Калифорнии плейстоценовые слои севернее разлома резко отличаются от одновозрастных слоев на его южном крыле, но подобны тем же слоям на южном крыле в 3–8 км к западу. В ряде случаев по петрографическому составу плейстоценовых галечников установлено, что они отодвинуты по разломам на 3–8 км от источников сноса. Правосторонние сдвиговые смещения на величину 3–8 км можно установить почти везде, где четвертичные отложения в зоне разломов достаточно хорошо изучены¹.

Обобщение многочисленных фациальных и фаунистических данных об олигоценных и миоценовых морских отложениях Южной Калифорнии выявило резкое несоответствие палеогеографических условий бассейнов, если рассматривать их современное положение по разные стороны Сан-Андреаса. Но если считать, что правостороннее смещение по разлому составляло 130 км с позднего миоце-

¹ Четвертичный период в США, т. 1, М., «Мир», 1968, стр. 652.



Систему разломов Сан-Андреас считают границей, по которой Северо-Американская континентальная и Восточно-Тихоокеанская океаническая плиты правосторонне сдвигаются друг относительно друга. Под водами океана на северо-западе и юго-востоке Сан-Андреас переходит в Восточно-Тихоокеанское срединно-океаническое поднятие, состоящее из отрезков подводного хребта с осевыми рифтами, сдвинутых по многочисленным трансформным разломам. 1 — рифты Восточно-Тихоокеанского срединно-океанического поднятия, 2 — трансформные разломы, 3 — глубоководные океанические желоба.

на, 200 км со среднего миоцена, 270 км с раннего миоцена и около 320 км с олигоцена, палеогеографическая картина получается вполне согласованной.

Следы раннемиоценовой береговой

линии в настоящее время раздвинуты по Сан-Андреасу на 280—305 км и на разных крыльях разлома перекрыты характерной брекчий. Определения возраста брекчий дали одинаковые значения — 21,5 млн лет. Отсюда вы-

считана средняя скорость сдвигания за это время: 1,3—1,4 см/год. Более того, по разным сторонам разлома находятся древние вулканические породы одинакового состава, принадлежавшие прежде единым телам.

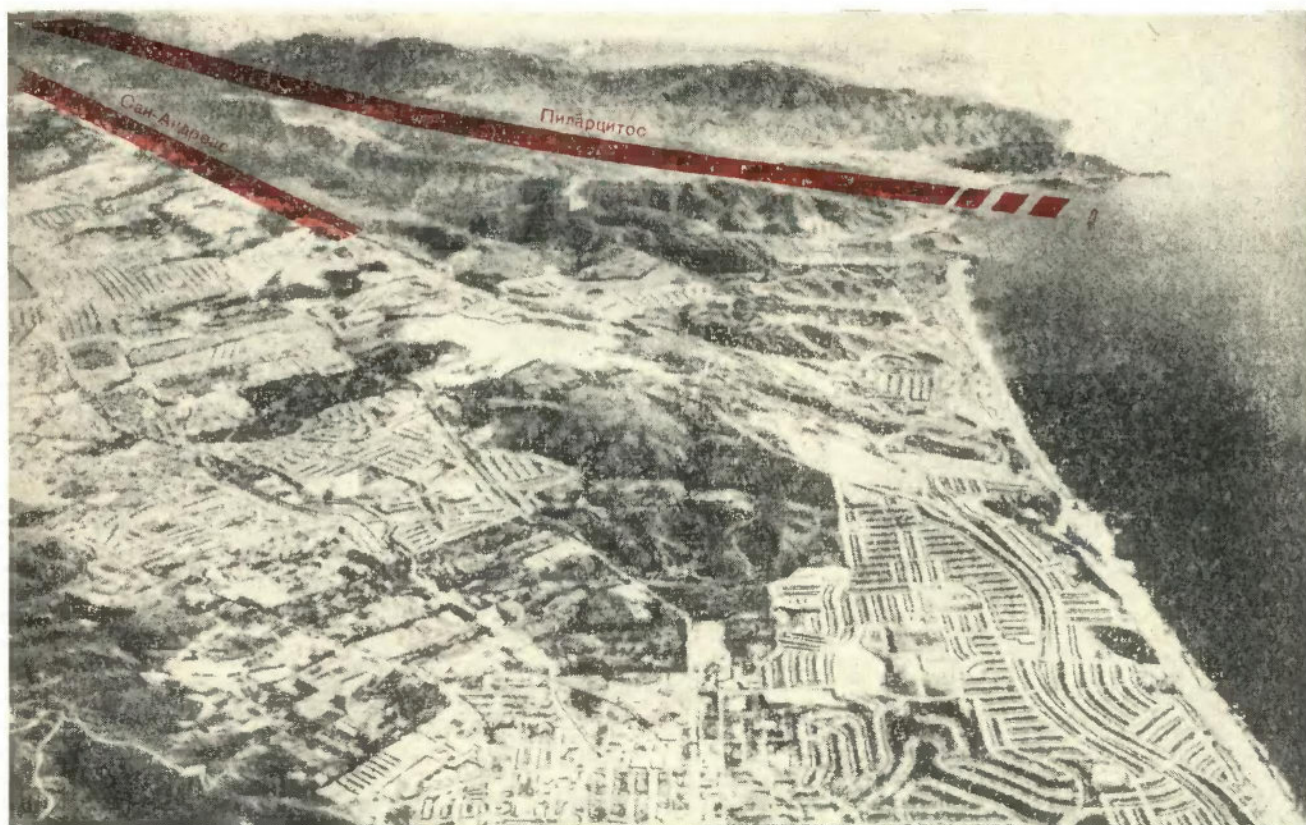
Таким образом, имеющийся в настоящее время фактический материал заставляет признать наличие крупных сдвиговых перемещений по системе Сан-Андреас, причем Сан-Андреас и параллельные ему разломы обнаруживают признаки только правостороннего смещения, а поперечные — левостороннего.

Показательно, что сдвиговые смещения, определяемые в ряде случаев разными методами и разными авторами, имеют одинаковый порядок величин за одинаковые отрезки времени. При этом чем более древние породы или признаки смещений рассматриваются, тем получается большая величина смещений. Расчеты средней за последние 25—30 млн лет скорости сдвигания по Сан-Андреасу дают величину 1,2 см/год. Вместе с тем имеющиеся материалы не укладываются в концепцию равномерного сдвигания с одинаковой скоростью, а, напротив, заставляют признавать изменения скорости сдвига на протяжении геологического времени.

Если ускорение сдвигания не может пока считаться бесспорным, то неравномерность сдвигания подтверждается все новыми фактами. Появляются также материалы об импульсном, прерывистом сдвигании на отдельных участках в пределах четвертичного и даже позднелайстоцено-голоценового времени. Но больше всего данных о неравномерности современного сдвигания по разлому.

Современное скольжение по разлому

Средняя скорость сдвигов по самому Сан-Андреасу за последние 120 лет в расчете на всю его длину оценивается по сейсмическим данным в 2,2 см/год. Современные быстрые сейсмические движения по разломам системы Сан-Андреас — наиболее заметные современные движения земной коры, но не единственные. Уже несколько десятилетий в разных населенных местах Калифор-



Разломы Сан-Андреас и Пиларцитос (цветные полосы) на п-ве Сан-Франциско. Считают, что на этом участке Пиларцитос — основной разлом зоны Сан-Андреас.

нии постепенно, без связи с землетрясениями, разрываются трубопроводы и асфальтовые покрытия дорог, сдвигаются заборы и тротуары, разрушаются здания и коммуникации. Скольжение по плоскостям разломов или вблизи них называется крипом. В ряде случаев более древние заборы оказываются смещенными на большую величину. Но, например, в г. Холлистер на разломе Хайвард газопровод закладки 1929 г. и соседний бетонный тротуар постройки 1910 г. одинаково сместились по разрыву примерно на 25 см. Этот и другие факты говорят о непостоянстве крипа во времени.

В 1956 г. было положено начало количественному изучению крипа на одном из участков Сан-Андреаса, на винограднике близ Холлистера, где по линии сдвига разрывались стены, бетонные полы, опоры зданий, каналы и ряды виноградника. Специальные записывающие аппараты показа-

ли среднюю скорость сдвига на этом участке 1,2 см/год. Впервые было установлено, что крип происходит не равномерно, а импульсами, в недели и дни, разделенные месяцами, с небольшим накоплением смещений или без них. Периодичность импульсов оказалась здесь столь определенной, что в нескольких случаях удалось предсказать наступление импульсов крипа с ошибкой в одну—три недели. На разломах Хайвард и Калаверас (северные ветви Сан-Андреаса восточнее г. Сан-Франциско) в отдельные дни июля и августа 1971 г. сдвигания достигали 4 и 9 мм на протяжении нескольких километров при среднегодовой величине крипа здесь 1—1,5 мм¹.

Оказалось, что крип неравномерен не только во времени, но и вдоль протяжения разломов. Если в северной части Сан-Андреаса, к се-

веро-западу от залива Сан-Франциско в последние 65 лет сдвигание не фиксируется, то южнее оно достигает 4 см/год. В Центральной Калифорнии в последние годы отмечается периодическое возобновление скольжения на двух отрезках Сан-Андреаса длиной 80 и 50 км, между которыми на отрезке в 64 км скольжение протекает с постоянной среднегодовой скоростью¹.

Ныне совершенно несомненно, что происходит систематическое сдвигание по разломам: правобоковое — по продольным, левобоковое — по поперечным. Средняя скорость сдвига по отдельным разломам 1—4 см/год, а по всей зоне Сан-Андреас — до 5—6 см/год. Об этом говорят результаты огромных по масштабу высокоточных повторных триангуляционных, дальнометрических изме-

¹ А. А. Никонов. Современные движения земной коры. «Природа», 1972, № 3.

¹ «Природа», 1972, № 7, стр. 109.

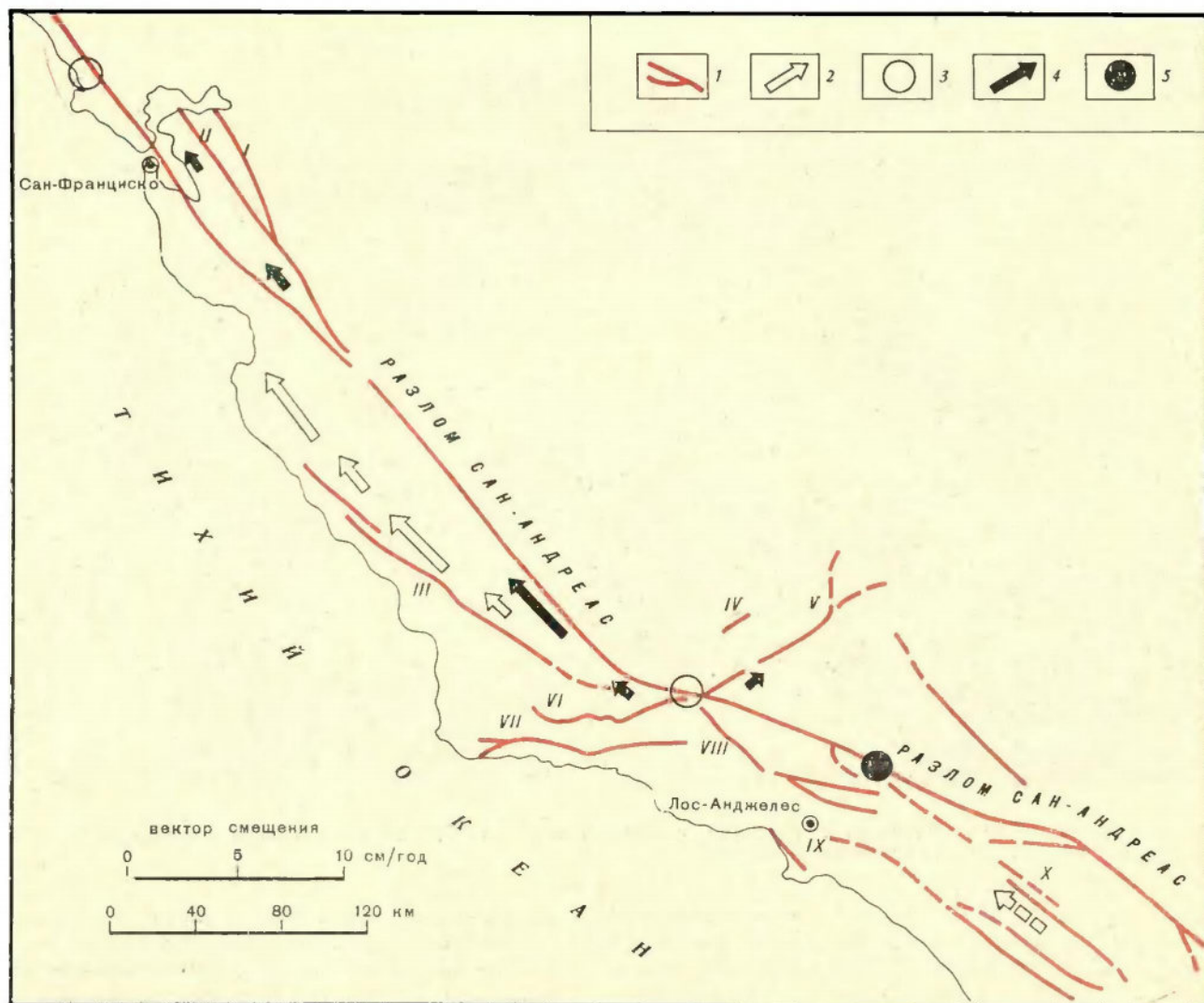


Схема смещений по разлому Сан-Андреас. 1 — активные разломы (показаны на рисунке римскими цифрами): I — Калаверас, II — Хайвард, III — Насименто, IV — Уайт-Волф, V — Гарлок, VI — Биг-Пайн, VII — Санта-Инес, VIII — Сан-Габриэль, IX — Инглвуд, X — Сан-Джасинто; 2 — смещения по разлому Сан-Андреас в среднем за 1959—1968 гг., 3 — участки разлома, где смещения в этот период отсутствовали, 4 — смещение по разлому Сан-Андреас в среднем за 1969—1971 гг., 5 — участки, где смещения в этот период отсутствовали.

рений, астрономических наблюдений и непосредственных измерений, которые в настоящее время уже имеют не только исследовательское значение. На их основе разрабатывается программа предсказания и борьбы с землетрясениями.

Программа борьбы с землетрясениями

Несколько лет назад в США была создана комиссия и разработана про-

грамма контроля и предсказания землетрясений, рассчитанная на 10 лет. Большинство специалистов сосредоточено именно в Калифорнии, и половина сейсмических станций страны размещена вдоль Сан-Андреаса. Дополнительные передвижные станции устанавливаются и начинают записывать колебания через несколько часов после первого толчка. Вся информация со станций телеметрически передается в центральную обсерваторию Менло-Парк, где компьюте-

ры выдают сведения о гипоцентрах, первых вступлениях волн, магнитудах толчков. Программы постоянно уточняются на основе данных о местных землетрясениях и взрывах.

Одна из наиболее важных частей программы — поиски тесной временной и пространственной взаимосвязи между медленно накапливающимися упругими, постоянными или периодическими пластическими деформациями и смещениями, между сейсмическим и асейсмическим крипом, коли-

чественная оценка накапливающихся напряжений и их снижения при землетрясениях. На этом пути американские исследователи ищут возможности предсказания места, силы и времени будущих землетрясений.

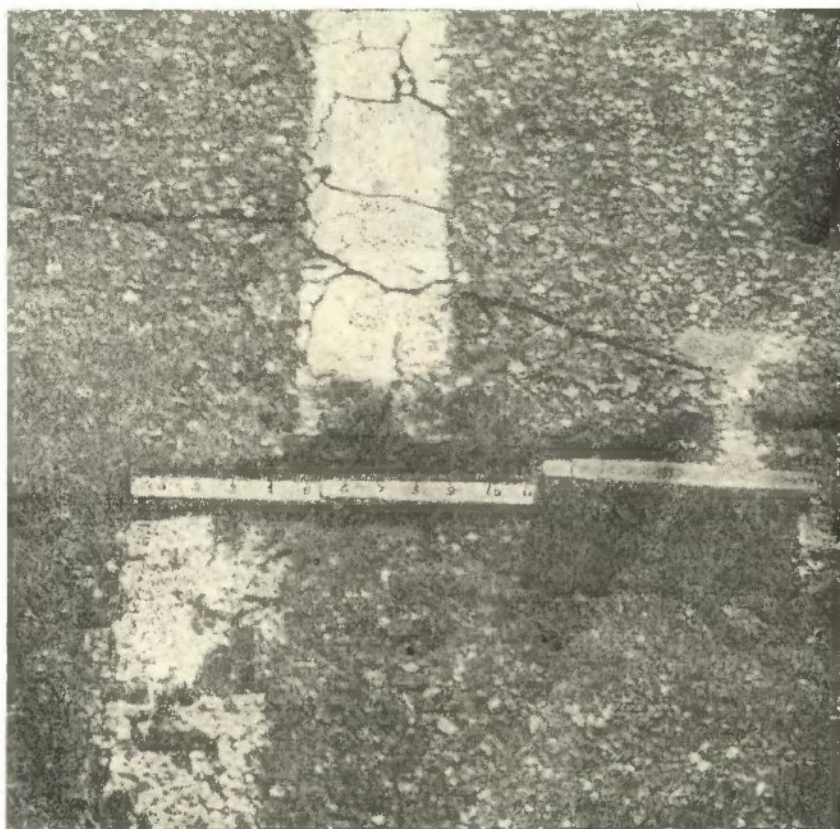
Особое внимание обращено на неравномерность смещений в связи с неравномерным проявлением и различной интенсивностью землетрясений. В последние годы измерения при помощи дальномеров показали, что отклонения от обычного хода смещений более часты там, где происходят землетрясения. Более того, аномальные изменения часто предшествуют землетрясениям в тех случаях, когда измерения осуществляются значительно чаще, чем происходят землетрясения.

На этом основании разработана компьютерная программа предсказания местных землетрясений между городами Сан-Франциско и Чоламе, на центральном участке Сан-Андреаса. До 1968 г. по этой программе было предсказано 8 местных землетрясений с магнитудой, равной или превышающей 4, 5, но 14 других предсказаний оказались ошибочными, хотя за ними последовали более мелкие землетрясения и ускорения движений на соседних разломах.

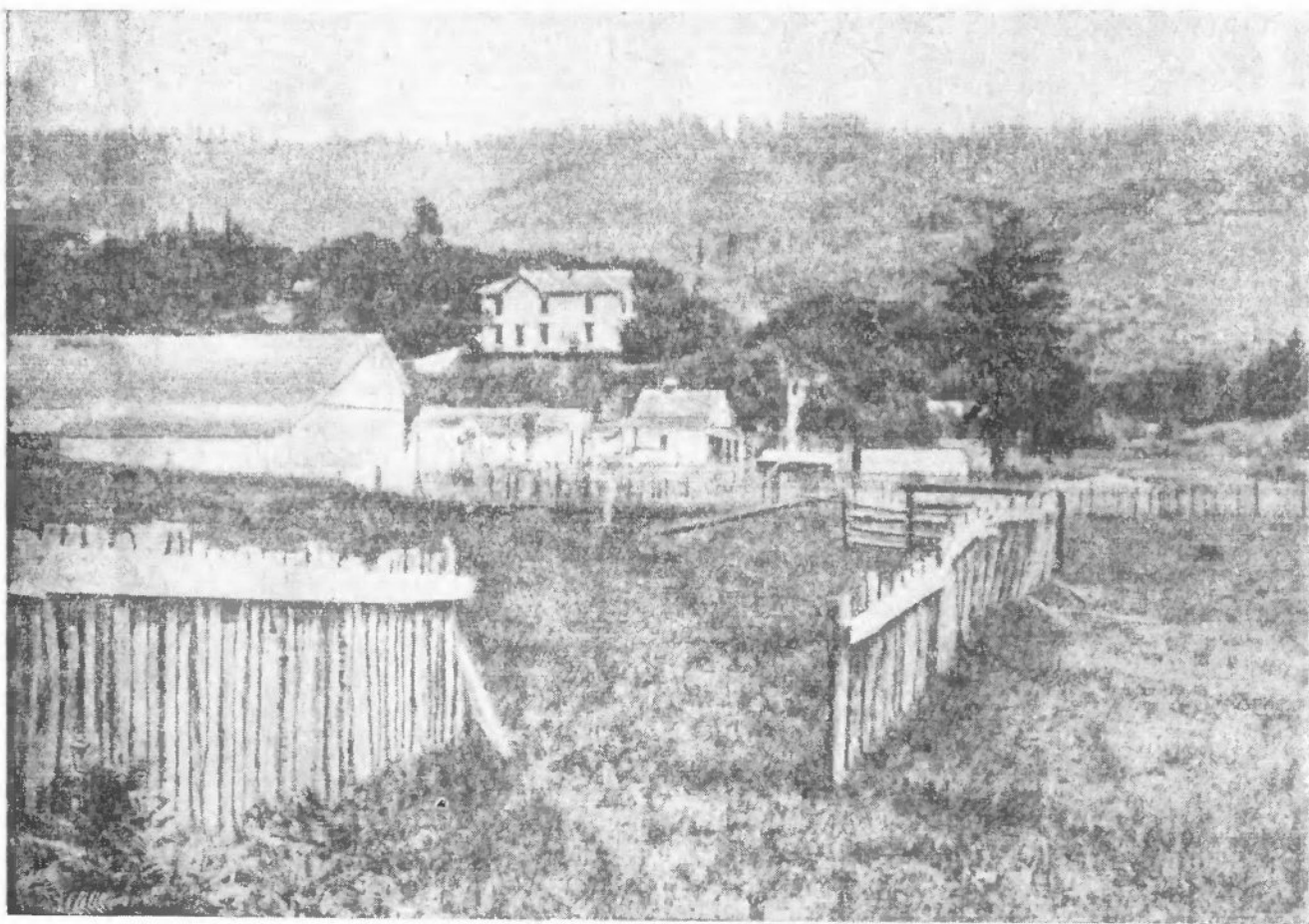
Однако эта программа разрабатывает прогноз землетрясений небольшой магнитуды, а между тем наиболее важно прогнозирование катастрофических землетрясений.

Землетрясения возникают из-за высвобождения накопившейся на отдельных участках энергии упругой деформации: при взаимном перемещении (скольжении) двух блоков или плит на отдельных участках периодически происходит «заклинивание», скорость перемещения по разлому в этих местах снижается до нуля, а напряжения продолжают расти. Когда напряжения достигают предела прочности пород, блоки внезапно проскальзывают, мгновенно освобождая накопленную энергию упругой деформации в виде сейсмического толчка и разрыва.

Представление о непосредственной связи повторяемости землетрясений на разломе со скоростью накопления упругих деформаций, естественно, вызвало оценки повторяемости зем-



Разрыв и смещение асфальтового покрытия шоссе к северо-востоку от в. Чоламе вдоль разлома Сан-Андреас — положение 28 июня 1966 г. после происшедшего накануне землетрясения с $M = 5,5$ (белая полоса по оси шоссе смещена на 2 см) — вверху; положение 4 августа того же года (белая полоса смещена на 5 см) — внизу.



Забор, разорванный внезапным горизонтальным смещением во время землетрясения 1906 г. вдоль Сан-Андреаса севернее залива Сан-Франциско. Максимальные сдвиговые смещения по разлому тогда достигали 3—6 м.

трясений, в том числе катастрофических.

Если допустить, как это сделал американский геофизик Х. Бениофф, что скорость накопления деформаций равномерна и составляет 5 см/год, а критическая величина смещений определяется в 6,3 м (как это было при землетрясении 1906 г.), то упругая деформация такой величины должна накопиться за 126 лет.

А со времени катастрофического землетрясения 1857 г. в Центральной Калифорнии прошло 116 лет. Если не сомневаться в точности таких расчетов, пора бить тревогу. Но согласно другим расчетам, катастрофическое землетрясение может возникнуть даже и при накоплении деформации в 1 м.

Несколько лет назад американский ученый Р. Уоллес предложил формулу определения повторяемости землетрясений на заданном участке разлома Сан-Андреас: $R_x = \frac{D}{S-C}$, где R_x — искомый интервал времени между землетрясениями определенной магнитуды, D — смещение по разрыву, характерное для землетрясений такой магнитуды, S — средняя долговременная скорость медленных перемещений по геологическим данным, C — скорость крипа по геодезическим данным.

Следовательно, получаемые величины интервалов повторяемости непосредственно зависят от принимаемых величин средней долговременной скорости сдвига по Сан-Ан-

дреасу за геологическое прошлое и измеренной скорости крипа в текущий отрезок времени.

Вот где оценка и прогноз будущего немислимы без точного знания геологического прошлого и настоящего! Надежность прогноза здесь прямо зависит от точности результатов геологических работ.

Если принять среднюю долговременную скорость смещения 2 см/год, то получаются приблизительные интервалы повторяемости: 102 года между землетрясениями с магнитудой 8, 15 лет между землетрясениями с магнитудой 7 и 5 лет между землетрясениями с магнитудой 5.

Итак, судя по разным оценкам, катастрофическое землетрясение с магнитудой около 8 должно произойти в

зоне разлома Сан-Андреас в ближайшие десятилетия.

Согласно гипотезе «заклинивания», отсутствие скольжения на каком-либо участке разлома Сан-Андреаса никак не является признаком его безопасности. Наоборот, здесь предполагается накопление напряжений и будущее землетрясение, тем более разрушительное, чем дольше скольжение отсутствует. На участках крупнейших землетрясений Калифорнии 1857 и 1906 г. в северной и центральной частях Сан-Андреаса многие годы никаких смещений по разлому не обнаруживается... На этом основании ряд американских ученых предполагают, что в северной (севернее г. Сан-Франциско) и центральной (в районе Поперечных хребтов) частях Сан-Андреаса ожидаются крупные землетрясения.

Однако другая группа исследователей отсутствие в последние десятилетия землетрясений и крипа на участках катастроф 1857 и 1906 г. объясняет тем, что эти землетрясения сняли напряжения, которые с тех пор еще не накопились до уровня, достаточного даже для начала крипа и слабой сейсмичности. А современный крип и относительно слабые сейсмические проявления на активных в настоящее время участках, по расчетам этих ученых, далеко не полностью реализуют накапливающиеся напряжения и не служат, следовательно, «клапанами безопасности». А значит, именно эти участки потенциально опасны, с точки зрения вероятных в близком будущем главных землетрясений.

В настоящее время большее число сторонников имеет первая точка зрения. Но ведь голосованием такие проблемы не решаются. Необходимы дальнейшие исследования, в первую очередь участков наиболее напряженного состояния.

Помимо непосредственных измерений и расчетов, решению проблемы может помочь и моделирование. Первые опыты на оптически активных (фотоупругих) моделях Сан-Андреаса в лаборатории тектонофизики Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР показали, что области максимумов напряжений приурочены к северному и южному концам Сан-

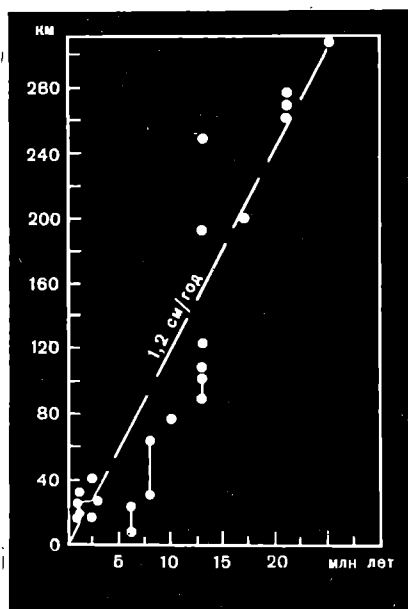


График правостороннего сдвига вдоль разлома Сан-Андреас в Центральной Калифорнии за последние 25 млн лет.

По оси ординат — рассчитанные сдвигания (в км), наклонная линия показывает среднюю величину и скорость сдвига. График составлен Р. Жансом.

Андреаса и участку его перегиба в центре. Опыты продолжаются...

Помимо обширной, интенсивно осуществляемой научной программы по предсказанию землетрясений, в США разрабатывается смелый инженерный проект. Цель его — уничтожить или во всяком случае обезвредить готовящуюся катастрофу, помешать долговременному накоплению напряжений, периодически «спускать на тормозах землетрясение», т. е. заменить одно крупное разрушительное землетрясение серией мелких.

До сих пор взаимоотношения землетрясений и человечества были односторонними: человек оставался пассивной стороной, объектом воздействия. Теперь готовится первый эксперимент, в котором люди стремятся стать активной силой в борьбе с подземной стихией.

Предполагается пробурить три скважины глубиной 5 км на расстоянии около 1 км одна от другой вдоль разлома. Из крайних двух скважин выкачивают подземные воды, тем са-

мым увеличивается сцепление между частицами пород и затрудняется возможность скольжения по разлому. В среднюю скважину под давлением закачивается вода, она облегчает разрядку напряжений в ограниченном двумя боковыми скважинами участке и провоцирует локальное землетрясение или несколько микроземлетрясений. Чтобы сделать этот участок в дальнейшем безопасным, остается выкачать воду из средней скважины. Однако осуществление этой, казалось бы, несложной идеи сопряжено с финансовыми, техническими и геологическими трудностями. И главное — нужно выбрать участки разлома настолько опасные, чтобы стоило предотвращать угрозу будущих землетрясений, но не настолько опасные, чтобы спровоцировать ту страшную катастрофу, вероятность которой породила этот проект.

УДК 551.24, 550.34

Рекомендуемая литература

Х. Бениофф. ДВИЖЕНИЯ ПО КРУПНЕЙШИМ РАЗЛОМАМ. В кн.: Дрейф континентов. М., «Мир», 1966.

В. С. Буртман. ТАЛАСО-ФЕРГАНСКИЙ СДВИГ И СДВИГ САН-АНДРЕАС. Тр. Геол. ин-та АН СССР, 1963, вып. 80.

А. В. Лукьянов. СТРУКТУРНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ. Тр. Геол. ин-та АН СССР, 1965, вып. 136.

Дж. Д. Муди, М. Дж. Хилл. СДВИГОВАЯ ТЕКТОНИКА. В кн.: Вопросы современной зарубежной тектоники. М., ИЛ, 1960.

Ч. Рихтер. ЭЛЕМЕНТАРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ. М., ИЛ, 1963.

D. L. Anderson. THE SAN ANDREAS FAULT. «Scientific American», v. 225, 1971, № 5.

«EOS». TRANSACTIONS OF AMER. GEOPHYS. UNION, v. 50, 1969, № 5.

R. Jacopi. EARTHQUAKE COUNTRY. Menlo Park, 1964.

PROCEED. OF CONFERENCE ON GEOL. PROBLEMS OF SAN ANDREAS FAULT SYSTEM. Stanford, 1968.

R. E. Wallace. EARTHQUAKE RECURRENCE INTERVALS ON THE SAN ANDREAS FAULT. «Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», v. 81, 1970, № 10.