

результатом неск. или многих элементарных сдвигов. Общая длина разрыва для таких З. иногда достигает сотен км; вспарывание разрыва происходит со ср. скоростью, близкой к скорости распространения поперечных волн.

**Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений.** Сильные З. часто происходят в малонаселённых районах, и приносимый ими ущерб невелик. Однако рост городов и строительство сейсмоопасных объектов (атомные электростанции, хим. заводы, высокие плотины) увеличивают сейсмич. опасность. Так, при Таншаньском З. 28 июля 1976 в Китае погибло неск. сотен тысяч человек. При Спитакском З. в Армении (1988) погибло неск. десятков тысяч человек, материальный ущерб достиг мн. млрд. рублей. Радикальный способ противостоять сильным З. — сейсмостойкое строительство. Высокая стоимость этого строительства вызывает необходимость районирования тектонически активных территорий по степени сейсмич. опасности. Оценка макс. балла для определ. территории основана на опыте, свидетельствующем, что сильные З., как правило, происходят на разломах земной коры, уже неоднократно порождавших похожие З. в прошлом. Характерный интервал времени между сильными З. на одном и том же участке разлома определяется индивидуальными особенностями разлома и может варьировать в пределах от десятков до тысяч лет. Сильные З., происходившие в доисторич. времена, оставили следы на местности, распознавание и интерпретация к-рых выполняется методами палеосейсмологии.

**Предсказание З.** — сложнейшая задача С. Для того чтобы предсказание имело практич. смысл, оно должно содержать три характеристики будущего З.: время, место, силу. Различают долгосрочный, среднесрочный и краткосрочный прогнозы З. Соответствующие сроки находятся в пределах от неск. лет до десятков лет, от неск. недель до неск. лет, менее неск. недель. Существов. прогресс достигнут только в долгосрочном прогнозе сильных З. Особенно полезной оказалась идея сейсмич. брешей: сильнейшие ( $M \sim 8$ ) З. Тихоокеанского пояса происходят таким образом, что очаг каждого нового З. заполняет область, где такого З. не было в течение последних  $\sim 100$  лет. Идея брешей позволила сделать неск. оправдавшихся долгосрочных прогнозов.

Краткосрочные прогнозы основаны на аномальных изменениях разл. геофиз. полей и деформациях земной поверхности, изменениях уровня грунтовых вод и их хим. состава, появлении предварающих толчков — форшоков. Трудности прогноза связаны с тем, что явления-предвестники трудно отличить от фоновых вариаций полей. Известен только один беспорный случай успешного краткосрочного прогноза, позволившего принять меры для спасения населения: предсказание Хайчэнского З. (1975) с магнитудой 7,3 в китайской провинции Ляонин. Решающим фактором в этом прогнозе было появление форшоков. Разработка эфф. методов краткосрочного прогноза требует длит. и систематич. изучения З. и предварающих их явлений в разл. геологич. условиях.

При подводных З. опасность представляют очень длинные волны на поверхности воды — цунами. В наиб. степени воздействию цунами подвержены берега Тихого океана. Сравнительно низкая скорость распространения этих волн позволяет заблаговременно предупредить население о приближении цунами.

К проблеме сейсмич. опасности примыкает вопрос о техногенных З. Известно три вида деятельности человека, провоцирующей З.: заполнение крупных водохранилищ, закачка воды в скважины для увеличения нефтеотдачи и добыча твёрдых полезных ископаемых на большой глубине. Возникающие при этом З. обычно относятся к категории слабых.

**Мониторинг ядерных взрывов.** Наиб. эфф. метод дистанционного мониторинга подземных ядерных испытаний — сейсмический. Мониторинг имеет две ста-

дии: обнаружение сейсмич. сигналов и распознавание взрывов среди З. Осн. критерий распознавания взрывов основан на различиях в пространственных координатах источников: ок. 90% всех сейсмич. событий идентифицируются как З. просто потому, что они происходят или слишком глубоко, или в районах, непригодных для ядерных испытаний. Сейсмич. источник типа взрыва представляет центр расширения и этим принципиально отличается от сдвигового дислокации, моделирующей очаг З. Это приводит к ряду отличий в параметрах соответствующих волновых полей. Трудности распознавания возникают в случае слабого сигнала, когда наблюдается только малая часть волнового поля.

Возможности регистрации слабых сигналов лимитируются сейсмич. шумом. Наиб. силы этот шум (микросейсм) достигает на периодах 5—8 с. Осн. источником микросейсм с периодами более 1 с служит волнение поверхности воды на обширных акваториях. На периодах менее 1 с в сейсмич. шуме присутствует техногенная составляющая.

**Внеземная сейсмология.** В кон. 1960-х гг. амер. экспедициями на Луне были размещены 5 сейсмич. станций, к-рые регистрировали ежегодно от 600 до 3000 слабых лунотрясений. Лунные сейсмограммы резко отличаются от земных очень длительной реверберацией, объясняемой высокой добротностью верх. оболочки Луны. Лунотрясения происходят на глубинах до 100 км и от 800 до 1000 км. Толчки второй (более глубинной) группы происходят преим. в те периоды, когда Луна максимально приближается к Земле. По сейсмич. данным, лунная кора имеет мощность от 60 до 100 км; на глубинах от 500 до 1000 км имеется зона пониженной скорости упругих волн.

В 1976 космич. аппаратом «Викинг» сейсмограф был установлен на поверхности Марса. Из-за высокого уровня помех ветрового происхождения достоверных данных о сейсмичности Марса получить не удалось.

Эфф. методом изучения внутр. структуры и динамики Солнца является *солнечная сейсмология*.

**Сейсмическая разведка.** Сейсмич. методы находят широкое применение при исследованиях структуры верх. части земной коры в связи с поисками полезных ископаемых, особенно нефти и газа. Сейсмич. колебания возбуждаются взрывами или механич. устройствами; сейсмоприёмники размещаются на поверхности Земли или в стволах скважин. Для картирования подземных структур используются преим. отражённые волны. Наиб. распространением пользуется методика общей глубинной точки. В этой методике для получения каждой точки отражающей границы служат записи большого числа источников и приёмников. Методы сейсморазведки широко применяют также для исследования структуры земной коры на всю её глубину.

Лит.: А н и К., Р и ч а р д с П., Количественная сейсмология, пер. с англ., т. 1—2, М., 1983; М о г и К., Предсказание землетрясений, пер. с англ., М., 1988. Л. П. Викинг.

**СЕЙФЕРТОВСКИЕ ГАЛАКТИКИ** — спиральные галактики с активными ядрами. Названы по имени К. Сейферта (С. Seyfert), обнаружившего в 1942 в спектрах десятки ярких спиральных галактик сильные эмиссионные линии водорода и др. элементов. С. г. (SyG) составляют подкласс объектов с активными ядрами. Поскольку такие объекты выделяют, как правило, по спектральным признакам, нет чёткого разграничения между SyG и квазарами (QSO). Напр., SyG IIZw 136 входит в список ярких квазаров, а квазар 3C 273 иногда включается в списки SyG. Хотя в ср. ширина водородных линий в спектрах квазаров значительно больше, чем в спектрах ядер SyG, нек-рые SyG по ширине линий сравнимы с квазарами. Возможно, квазары также являются активными ядрами спиральных галактик, т. к. у ряда квазаров обнаружены окружающие галактики, по нек-рым характеристикам — спиральные. Во мн. отношениях квазары и ядра SyG сходны между собой, так что в каталогах