

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая  
Григорьевича Столетовых»**

**(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра автотранспортной и техносферной безопасности

Составитель Баландин В.М.

Конспект лекций по дисциплине  
«Опасные природные процессы»

Владимир – 2016 г.

## **ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

### **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Стихийные бедствия, аварии и катастрофы – весьма частые явления в нашей стране. Каждый год в том или ином регионе происходят сильные разливы рек, прорывы дамб и плотин, землетрясения, бури и ураганы, лесные и торфяные пожары.

Каждому стихийному бедствию, аварии и катастрофе присущи свои особенности, характер поражений, объем и масштабы разрушений, величина бедствий и человеческих потерь. Каждая по-своему накладывает отпечаток на окружающую среду.

Знание причин возникновения и характера стихийных бедствий позволяет при заблаговременном принятии мер защиты, при разумном поведении населения в значительной мере снизить все виды потерь.

Одна из главных проблем, которая сегодня выходит на первый план, – правильное прогнозирование возникновения и развития стихийных бедствий, заблаговременное предупреждение как органов власти, так и населения о приближающейся опасности. Очень важны и крайне необходимы работы по всемерной локализации стихийных бедствий с целью сужения зоны разрушений, оказания своевременной помощи пострадавшим. Там, где стихийным бедствиям, авариям и катастрофам противостоят высокая организованность, четкие и продуманные мероприятия федеральных и местных органов власти, подразделений и частей МЧС, специализированных сил и средств других министерств и ведомств в сочетании с умелыми действиями населения, происходит снижение людских потерь и материального ущерба. Заблаговременная информация дает возможность провести предупредительные работы, привести в готовность силы и средства, разъяснить людям правила поведения. Все население должно быть готово к действиям в экстремальных ситуациях, к участию в работах по ликвидации стихийных бедствий, аварий и катастроф, уметь владеть способами оказания первой медицинской помощи пострадавшим.

# Глава 1 ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ «ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ»

## 1.1. Цель и задачи дисциплины «Опасные природные процессы». Типология понятий

В XXI в. мир оказался перед лицом ряда глобальных угроз. Одна из них – стремительный рост числа и масштабов природных катастроф и ущерба от них. «Гроза Земле, волнуя воды, бушуют бури и шумят, и грозной цепью сил природы весь мир таинственно объят» (Гете «Фауст»). Так было, есть и будет всегда на планете Земля. Геологическая история Земли насчитывает около 4,0 млрд лет. За этот долгий геологический срок лик Земли непрерывно изменялся под действием различных геологических процессов и явлений. Эти изменения проявлялись в прошлом и проявляются ныне в виде катастроф и стихийных бедствий, угрожающих всему живому на Земле. Будучи естественными феноменами развития природной среды, человеком воспринимаются как аномальные. На всей планете только за последнюю четверть XX в. природные катастрофы привели к гибели около 3 млн человек.

Общепринято считать, что основным источником опасных природных процессов (ОПП) является взаимодействие сложных систем планеты Земля. На поверхности Земли и в прилегающих к ней слоях атмосферы и литосферы одновременно протекает много сложных физических, физико-химических и биохимических процессов. Они сопровождаются обменом разных видов энергии. Эти процессы лежат в основе эволюции Земли и её биосферы, служат причинами постоянных преобразований облика нашей планеты, влияют на развитие опасных природных процессов. Наиболее резко увеличилось число катастроф, связанных с событиями гидрометеорологической природы. Это свидетельствует об их взаимосвязи с деградацией природной среды и изменениями климата на планете Земля. Понимание механизмов зарождения и развития ОПП является основой эффективного прогноза и смягчения последствий их проявления.

Знания о закономерностях распространения, причинах, факторах, характере опасных природных процессах в России и мире актуальны и необходимы для прогноза, выбора и осуществления мер и конкретных решений борьбы с ними.

**Цель изучения** дисциплины – познание законов природы, управляющих развитием природных опасных процессов на планете и поиск способов предупреждения, ликвидации, защиты населения и объектов жизнедеятельности от чрезвычайных ситуаций как важнейшего условия устойчивого существования на Земле.

**Задачи** дисциплины следующие:

1. *Диагностические* (морфологические) задачи – это задачи, связанные с изучением основных природных опасностей на планете Земля, на территории России и Томской области, их закономерности распространения, причины, факторы, экологический характер воздействия на человека и окружающую среду и методы защиты от них. Решение задач этого типа позволяет ответить на вопрос «Что это за природная опасность (система) и какие качества ей присущи?», а также получить качественные и количественные показатели, характеризующие современную эколого-природную обстановку изучаемого объекта на определённое время. Они необходимы для выбора методов защиты и способов обеспечения комфортных условий жизнедеятельности населения.

2. *Прогнозные* задачи – задачи, связанные с изучением поведения, тенденций развития исследуемых природных опасностей в будущем. Решение задач этого типа позволяет ответить на вопрос «Как будет вести себя исследуемая природная опасность (система) в будущем при тех или иных воздействиях?». Это решение пространственно-временного прогноза математическими методами (расчёта экономического ущерба, управления рисками и т.д.).

3. *Управленческие* задачи – задачи, связанные с предупреждением стихийных бедствий и устранением их последствий. В документе «Йокогамское обращение» (Япония, 1994) указывается, что с точки зрения целей и задач предупреждение бедствий, смягчение их последствий и обеспечение готовности к ним более эффективно, нежели реагирование на бедствия. Меры такого реагирования сами по себе не являются достаточными, поскольку они позволяют добиться лишь временных результатов исключительно высокой ценой. Превентивные действия способствуют достижению долгосрочных улучшений в области безопасности и имеют ключевое значение для комплексной борьбы с бедствиями.

**Объект изучения** дисциплины «Опасные природные процессы» – комплекс всех видов природных процессов в литосфере, гидросфере, атмосфере и биосфере, реализующихся в виде опасных природных явлений, и защита от них.

**Предмет** изучения дисциплины – раскрыть основные закономерности и взаимосвязи развития опасных природных явлений как единого целого планеты Земля, необходимые для решения вопросов прогнозирования и моделирования последствий в целях их управления.

Первым шагом на пути такого понимания является терминологическая база дисциплины и систематизация опасных природных процессов. История развития земной цивилизации связана со стихийными бедствиями и катастрофами. Эти явления принято называть чрезвычайными ситуациями (ЧС). Крупномасштабные чрезвычайные ситуации приводили к гибели

целые цивилизации, государства и не только. Например, когда в 1722 г. Пётр Первый въезжал в городские ворота Дербента, едва его лошадь ступила передними ногами за крепостные ворота, произошло сильное землетрясение. «Даже природа трепещет перед моим могуществом», – заметил удовлетворённо самодержавец, принимая ключи от города, которые покорно и со страхом вручили ему жители. Внезапное землетрясение силой 8–9 баллов подвергает в ужас всех людей без исключения. Не стихии трепещут перед человеком, а люди перед стихиями. Недаром их называют «стихийными бедствиями» или «природными катастрофами». Таким образом, чрезвычайную ситуацию в соответствующем районе (зоне) формируют чрезвычайное событие (стихийное бедствие) и возникающие чрезвычайные условия.

*Чрезвычайная ситуация.* Возникновение любой чрезвычайной ситуации вызывается сочетанием объективных и субъективных факторов.

В законе РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» приводится следующее определение: «*Чрезвычайная ситуация (ЧС)* – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или другого бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушения условий жизнедеятельности людей».

*Катастрофа* на математическом языке – это необратимая потеря устойчивости; на языке систем – это существенное поражение системы поражающими факторами, либо ведущие к быстрой гибели, либо обуславливающие медленную гибель системы.

*Природная катастрофа* (толковый словарь) – это события с трагическими последствиями или неожиданное природное грозное событие в истории планет, влияющее на её дальнейшее существование. Природная катастрофа – стихийное бедствие со значительными по масштабам трагическими последствиями, гибелью людей и разрушениями. Например, в результате землетрясения, которое произошло 26 декабря 2004 г. у берегов о. Суматра (Индонезия), и последовавших за ним волн цунами погибло более 280 тыс. человек, а экономический ущерб стран бассейна Индийского океана составил десятки млрд. долларов.

Термин катастрофа происходит от греческого слова *catastrophe*, обозначающего *поворот, гибель*. Удачное определение катастрофы дано В.И. Даниловым-Данильяном (1999): «Катастрофа означает внезапное событие, быстротекущий процесс, влекущий тяжёлые последствия, разрушения и жертвы. Это резкое изменение структуры экосистемы, приводящее к разрушению какой-либо её области. Причиной такого изменения может быть

как внешнее воздействие на эту область системы, так и разрядка её внутренних напряжений, превысивших прочность структуры». При этом отмечается, что природные катастрофы естественны и неизбежны как компонент эволюционного развития Земли.

*Природный процесс* – это переход земного вещества, находящегося в твердом, жидком или газообразном состоянии, из одного качественного состояния в другое (например, таяние снега, испарение воды в океане, физическое выветривание горных пород и др.).

*Природное явление* – это результат протекания совокупности генетически родственных, последовательно развивающихся природных процессов (например: землетрясение, вулканическое извержение, ураган, наводнение и др.)

*Стихийное явление* – это широкомасштабное проявление природных процессов, выходящее за рамки повседневных и средних состояний природы по интенсивности, продолжительности и масштабу проявления, но позволяющее без затруднения адаптироваться к нему всем природным и социальным системам. Например, северное сияние, красивый закат и др.

*Опасность* – это негативное свойство живой и неживой материи, способное причинить ущерб как самой материи, так и людям, природной среде, материальным ценностям. Под опасностью природных процессов понимается вероятность их проявления в заданном месте, в заданное время и с определенными энергетическими характеристиками (скорость развития процесса; площадь, на которой он проявляется; объемы природного вещества, вовлеченные в процесс; дальность их перемещения и т.д.). Опасность – категория первичная, она существует независимо от того, находятся ли в зоне ее проявления люди, животные или хозяйственные объекты.

*Природные опасности* – это опасности, связанные со стихийными природными явлениями, представляющими непосредственную угрозу для жизни и здоровья человека.

*Опасные природные процессы (явления)* – это стихийное событие природного происхождения, которое по своей интенсивности, масштабу распространения и продолжительности может вызвать отрицательные последствия для жизнедеятельности людей, экономики и природной среды.

Широкомасштабное негативное проявление природных процессов принято называть *стихийным бедствием* (СБ).

*Стихия* в древнегреческой философии означает каждый из 4 элементов природы (земля, вода, огонь, воздух), лежащих в основе всех вещей, т.е. это первоначало. Это полностью соответствует современному пониманию 4 состояний материи: твердое (литосфера), жидкое (гидросфера), газообразное (атмосфера) и плазменное (огонь). Своевольная и непредсказуемая стихия восхищает нас неукротимым нравом и одновременно

внушает благоговейный ужас. Например:

**ЗЕМЛЯ** – землетрясения, вулканы, засухи, оползни, снежные лавины, гололёд, морозы и т.д.

**ВОЗДУХ** – торнадо, пыльные бури, ураганы и т.д. **ВОДА** – цунами, штормы, приливы, град и т.д.

**ОГОНЬ** – молнии, лесные пожары, взрывающиеся метеориты и т.д.

*Стихийное бедствие* – это экстремальное, стихийное явление природы, не зависящее от человека, выходящее за рамки повседневных и средних состояний природы по интенсивности, продолжительности и масштабу проявления. Оно обладает поражающими факторами и наносит необратимый существенный ущерб социальным и природным системам в силу их неспособности успеть адаптироваться.

Человечество страдает от таких стихийных бедствий, как землетрясения, извержения вулканов, сели, оползни, обвалы, наводнения, засухи, циклоны, ураганы, снежные заносы и лавины, длительные проливные дожди, сильные морозы, обширные лесные и торфяные пожары. К числу стихийных бедствий относят также эпидемии, эпизоотии, эпифитотии, массовое распространение вредителей лесного и сельского хозяйства.

На территории нашей страны, ввиду большого разнообразия физико-географических условий, представлен практически весь спектр известных видов стихийных бедствий. Спектр действия стихийных бедствий достаточно широк: это и смещения грунтов; и переполнение русел рек; движения недр Земли; затопление территорий. Человек старается приспособиться к природным опасностям. Результаты приспособления зависят не только от типа стихийного бедствия, но и от социальных условий жизни человека и общества в целом: чем богаче страна, тем с большей легкостью она противостоит стихии.

Некоторые стихийные бедствия (пожары, обвалы, оползни) могут возникать в результате деятельности человека (например, вырубка лесов усиливает активность селей, увеличивает объём паводков), но чаще первопричиной стихийных бедствий служат силы природы. Поэтому, осуществляя хозяйственную деятельность, следует заботиться о сохранении природного равновесия – это позволит сократить количество чрезвычайных ситуаций природного характера.

Стихийные бедствия (СБ) подчиняются некоторым общим закономерностям:

- для каждого вида может быть установлена определённая пространственная приуроченность;
- чем больше мощность природного явления, тем реже стихийное бедствие случается, и наоборот;
- всем стихийным бедствиям предшествуют специфические признаки, или предвестники;

- стихийные бедствия могут быть предсказаны;
- могут быть предусмотрены защитные мероприятия от СБ.

*Экологическая катастрофа* – стихийное бедствие, крупная производственная или транспортная авария (техногенная катастрофа), которые привели к чрезвычайно неблагоприятным изменениям в среде обитания и, как правило, к массовой гибели живых организмов (птиц, рыбы, тюленей, моржей, пингвинов и других животных) и к значительному экономическому ущербу.

*Под ущербом* понимаются негативные последствия от опасных природных процессов, выраженные в физических, денежных или других эквивалентных единицах. Иными словами, ущерб – это оцененные последствия стихийных бедствий [5].

## **1.2. Особенности и причины развития современных природных опасных процессов в России и мире**

Научно-технический и социально-экономический прогресс радикально изменил мир. Вместе с тем он сопровождается появлением новых угроз для цивилизации. В последние годы одной из таких угроз стали опасные природные процессы и явления. Их спектр весьма широк: от разрушительных землетрясений до глобального изменения климата и опасности столкновений Земли с космическими телами. Наиболее распространённые опасные и катастрофические природные процессы по характеру воздействия на человека и экосистемы в мире (1965–2005) представлены на схеме (рис. 1). Как видим, сильные ветры (ураганы, тайфуны, смерчи) составляют 34 % общего числа ЧС; землетрясения и извержения вулканов – 13 %; засухи – 9 %; наводнения – 32 %; другие виды ЧС – 12 % в мире (рис. 2). Землетрясения и извержения вулканов наиболее распространены на побережье Тихого океана и в сейсмоактивной зоне от Китая до Средиземноморья. Наводнения повсеместны, но особенно опасны в наиболее плотнозаселенных странах, например в Китае, Индии, Пакистане, Бангладеш.

В России отмечено свыше 30 видов опасных природных явлений. Большинство из них крайне сложны и вызваны многими факторами, поэтому их прогнозирование не всегда дает надежные результаты.

Хорошо известно, что природные катастрофы в современном мире вызывают глубокие социальные потрясения, гибель и страдания людей, огромные материальные потери. В общей проблеме безопасности общества они все чаще рассматриваются как один из важнейших дестабилизирующих факторов, препятствующих устойчивому развитию. Не случайно Совет Безопасности РФ в ноябре 2003 г. отнес эти опасности к числу стратегических для страны.



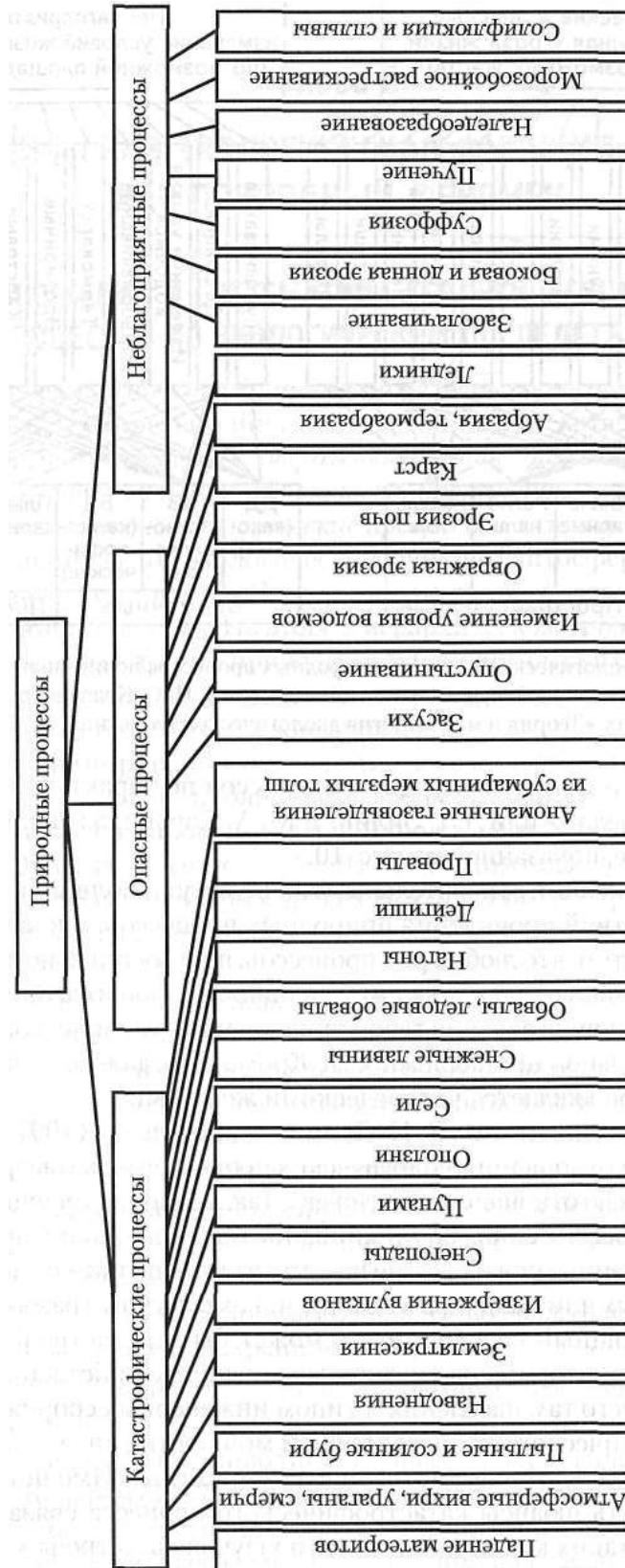


Рис. 1. Систематика природных процессов по характеру воздействия на человека и экосистемы (по Д.Г. Зилингу, М.А. Харькиной, 1999)

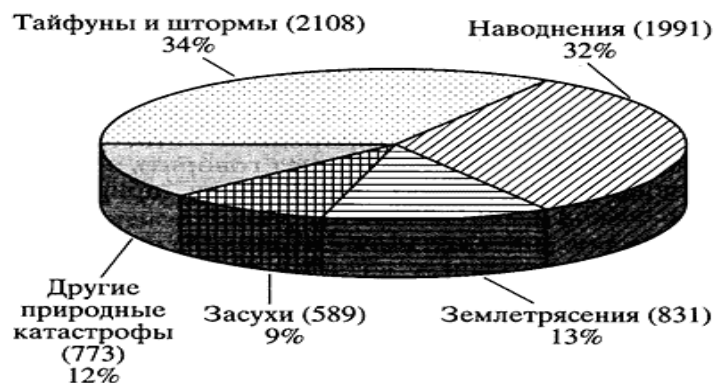


Рис. 2. Природные катастрофы в мире на рубеже XXI века  
(Осинов, 2001)

*Чрезвычайная ситуация* – прежде всего общее несчастье, означающее нечто большее, чем количество жертв и экономические потери. Наиболее частыми на территории России являются природные катастрофические явления атмосферного характера – бури, ураганы, смерчи, шквалы (28 % от общего количества природных чрезвычайных ситуаций). Далее идут землетрясения, составляющие 24 % от общего количества. Чрезвычайные ситуации, обусловленные наводнениями, достигают 19 % от общего числа. Опасные геологические процессы, такие как оползни, обвалы, карстовые провалы, составляют 4 %. Другие природные бедствия, среди которых наибольшую частоту проявления имеют крупные лесные пожары, в сумме составляют 25 % (рис. 3). Пример поселка Нефтегорск на о. Сахалин, который был полностью разрушен в результате землетрясения и где погиб 1841 человек, подтверждает это положение. Поэтому в основных понятиях закона РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 11 ноября 1994 г. принят термин *чрезвычайная ситуация*, когда речь идет именно об измерении потерь.

В результате крупных ЧС с 1990 по 1996 гг. на земном шаре погибло около 10 млн чел., в среднем – 90 тыс. в год, в том числе от наводнений – около 52 %, от засух – 22 %, от землетрясений и извержений вулканов – 18 %, от ветров – 7 %, от прочих видов ЧС – менее 1 %.

Суммарный ежегодный социально-экономический ущерб от развития наиболее опасных природных процессов в России, по экспертным оценкам Российской Академии наук, составляет около 110–140 трлн рублей. В целом с января 1992 г. по декабрь 1995 г. в России зарегистрировано более одной тысячи природных ЧС.

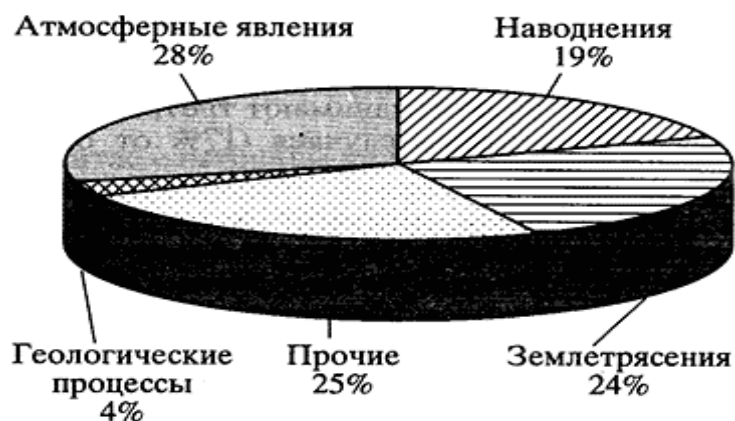


Рис. 3. Наиболее распространенные типы природных катастроф в России (1990–1999) (Осипов, 2001)

Экономический ущерб от опасных природных процессов в мире всего шести видов составляет сейчас в среднем 150 млрд долл. в год, а к 2050 г., по оценкам, достигнет 300 млрд долл. (это половина годового прироста глобального валового продукта).

Потери от наиболее крупных событий поистине огромны. Так, при землетрясении в японском городе Кобе (февраль 1995 г.) погибли 5,5 тыс. человек, пострадали 1,8 млн человек, а экономический ущерб составил 131,5 млрд долл.

В России масштаб катастроф и ущерб от них также весьма значительны: землетрясение на Сахалине (май 1995 г.) полностью разрушило город Нефтегорск, погибло более 2000 человек, ущерб превысил 200 млн долл.; наводнение на Лене (май 2001 г.) вызвало ущерб более 200 млн долл. Прямой ущерб от природно-техногенных катастроф составляет сейчас в нашей стране более 1 трлн р. (30–40 млрд долл.) в год, а с учетом косвенных ущербов потери достигают 3 % ВВП. Среднемноголетние потери от наводнений в России составляют 1,4 млрд долл., от лесных пожаров – 470 млн долл. в год. Подъем уровня Каспия и затопление его берегов в 1978–1995 гг. сопровождалось ущербом в 6 млрд долл.

Несмотря на научно-технический прогресс и принимаемые меры по обеспечению безопасности, защищенность людей от природных угроз постоянно снижается. При этом она оказывается тесно связанной с уровнем социально-экономического развития страны. По классификации Всемирного банка все страны по значению удельного ВВП (на душу населения) делят на три группы:

- страны с низким доходом (удельный ВВП менее 635 долл.);
- средним доходом (от 635 до 8000 долл.);
- высоким доходом (свыше 8000 долл.).

В конце XX в. в странах, относящихся к этим группам, проживали 3,1

млрд, 1,4 млрд и 0,8 млрд человек, а их «групповой» ВВП составлял примерно 1 трлн, 3,5 трлн и 17 трлн долл. соответственно.

Неудивительно, что наибольший социальный риск (гибель и увечье людей) характерен для стран с низким доходом и уровнем развития. На страны первой группы, где проживало 58 % населения Земли, приходилось 88 % погибших и 92 % пострадавших от природных катастроф в мире за 1965–1992 гг. Общее число погибших и пострадавших в странах с низким доходом в 5,8 раз больше, чем в странах со средним доходом, и в 45,2 раза больше, чем в странах с высоким доходом.

Уже сейчас на ликвидацию последствий природно-техногенных катастроф во многих странах расходуют огромные средства: в США – 50 млрд долл. в год, в Японии – 25 млрд (свыше 5 % годового бюджета и почти 1 % ВВП), в Китае – почти 20 млрд (около 4 % ВВП).

Каковы же причины роста масштабов природных катастроф? Увеличение числа природных катастроф в мире и ущерб от них связано со многими факторами. К ним относятся: рост численности населения и промышленного производства; продолжающаяся урбанизация; деградация природной среды; глобальное потепление и т.д.

***Рост населения планеты и глобальной экономики.*** С древнейших времен и до XVIII столетия численность населения на Земле менялась незначительно, то возрастая, то снижаясь из-за войн, эпидемий и голода. В начале XIX в. она оставалась чуть меньше 1 млрд. Однако с 1830 г., когда во многих странах началось бурное промышленное развитие, ситуация резко изменилась: уже спустя 100 лет численность населения удвоилась, а еще через 30 лет – утроилась. В 1975 г. она превысила 4 млрд, а в 1987 г. – 5 млрд человек; 12 октября 1999 г. родился 6-миллиардный житель планеты. В среднем численность населения Земли в настоящее время растет ежегодно на 86 млн человек (это население Германии). Более 80 % (4,8 млрд человек) живут в развивающихся странах, на долю которых и приходится почти весь прирост населения. По последнему прогнозу ООН, к 2050 г. на Земле будут жить 8,9 млрд человек.

Еще быстрее увеличивается городское население планеты. Если в 1830 г. в городах проживало около 3 % населения, а в 1960 г. – немногим более 30 %, то к 2020 г., по прогнозам, там будут жить почти 60 %. Общая численность населения на Земле с 1970 г. росла в среднем на 1,7 % в год, а население городов – на 4 %.

Стремительный рост населения планеты вынуждает осваивать малопригодные для проживания и ведения хозяйства площади, а часто и просто опасные участки: склоны гор и холмов, поймы рек, заболоченные и прибрежные территории. Ситуация часто усугубляется тем, что в развивающихся странах при освоении таких земель, как правило, не ведется

должной инженерной подготовки, не создается необходимая инфраструктура, используются конструктивно несовершенные проекты зданий и сооружений. Поэтому социальный риск (гибель людей) оказывается выше всего именно там, где быстрый рост городов происходит без соответствующих инвестиций в инженерную подготовку территорий и повышение надежности городских объектов.

Не менее важной причиной увеличения масштабов ущерба от природных бедствий оказывается и стремительный рост мировой экономики (в XX в. – в 20 раз). Промышленно-технологическая революция привела к глобальному вмешательству человека в наиболее консервативную часть окружающей среды – литосферу. Геологическая деятельность человека стала сопоставимой с природными геологическими процессами. Это дало основание В.И. Вернадскому еще в 1925 г. заявить, что человек создает «новую геологическую силу». Действительно, ныне при строительстве и добыче полезных ископаемых за год перемещается более 100 млрд т горных пород – в 4 раза больше, чем переносят все реки мира.

Воздействие человека на литосферу ведет к серьезным изменениям в природной среде, способствует развитию ряда опасных процессов, порождает новые (природно-техногенные) процессы и явления, среди которых особую опасность представляют наведенная сейсмичность, опускание территорий, подтопление, карстово-суффозионные провалы, техногенные геофизические поля.

*Деградация природной среды* приобрела в настоящее время глобальные масштабы. Несмотря на все принятые меры, экологическая обстановка на Земле ухудшается. Намечились противоположные тенденции, влияющие на судьбу цивилизации: глобальный ВВП растет, а глобальное богатство (прежде всего жизнеобеспечивающие ресурсы и процессы, такие как климат, океан, озоновый слой, рост биомассы, почвообразование) падает. Промышленное развитие, призванное служить экономическому прогрессу, вошло в противоречие с состоянием природной среды, поскольку перестало учитывать реальные пределы устойчивости биосферы. Как отмечено в документах Всемирной конференции по окружающей среде в Рио-де-Жанейро (1992), деградация природной среды способствует активизации опасных природных процессов, особенно опасных гидрометеорологических явлений. Одна из основных причин роста числа и масштабов наводнений – вырубка лесов, осушение болот. Все это ведет к нарушению поверхностного стока воды, ее быстрому стеканию и накоплению в руслах рек во время экстремальных осадков или таяния снега.

В XX в. исчезли половина лесов и 70 % болот – важнейших регуляторов поверхностного стока. Яркий пример – река Янцзы в Китае. Во второй половине XX в. по ее берегам свели 85 % лесов. Это незамедлительно сказалось

на паводковом режиме. В 1998–1999 гг. здесь произошли сразу два сильнейших за последние 100 лет наводнения, от которых погибли свыше 550 тыс. человек, пострадали около 350 млн человек, было разрушено более 500 тыс. домов, затоплено и повреждено 25,2 млн га, а общий ущерб составил 37 млрд долл. Китайское правительство спешно выделило 3 млрд долл. на лесопосадки в этом регионе.

**Изменение климата.** Научно-технический прогресс в мире и деградация природной среды совпали с изменениями климата на планете Земля. По данным Всемирной метеорологической организации с 1860 по 1998 г. средняя температура приземного слоя Земли повысилась на 0,8 °С. В северных районах России за последние 30 лет потеплело на 1–1,5 °С, особенно в зимний период. Современное потепление происходит в 10 раз быстрее, чем в голоцене (20–10 тыс. лет назад). Оно сопровождается более частыми проявлениями тепловых волн, обильных осадков, а также распространением засух. С повышением температуры над океанами всё чаще зарождаются тропические циклоны (тайфуны и ураганы). На большей части России потепление сопровождается увеличением количества осадков (за 30 лет – на 25 мм) и более частым выпадением экстремальных осадков. В Западной Сибири это увеличивает заболоченность, подтопления и т.д.

В Западной Европе глобальное потепление спровоцировало ряд мощных тепловых волн, приведших к аномально высоким температурам. Так, в ряде стран Западной Европы в августе 2003 г. температура воздуха +40 °С вызвала гибель более 70 тыс. людей. В России главным проявлением потепления стал рост числа лесных пожаров. Летом 2010 г. в средней части России 2 месяца температура воздуха держалась ежедневно на 7 градусов выше среднестатистических норм. Таких температур, в которых вынуждены были выживать россияне, не было более чем 135-летнюю историю наблюдений за погодой. Невыносимо жарко было также в Японии, Канаде, США, Западной Европе. Россия потеряла не менее 10 млн га зерновых, более 120 тыс. га леса, а смертность во многих регионах возросла минимум вдвое. В Пакистане произошло самое сильное за последние 80 лет наводнение. Большинство метеорологов уверено, что все эти явления на глобальном уровне представляют собой звенья одной цепи – изменения климата.

Таким образом, климат утрачивает устойчивость из-за того, что человек разрушает естественные экосистемы (уничтожение лесов, освоение океана, осушение болот, нарушение поверхностного стока).

Осознание того, что природные бедствия ежегодно уносят тысячи человеческих жизней и пагубно сказываются на экономическом развитии многих стран, побудило Генеральную ассамблею ООН принять 22 декабря 1989 г. резолюцию (№ 44/236), в которой период с 1990 по 2000 г. был провозглашен Международным десятилетием по уменьшению опасности

стихийных бедствий.

В работе конференций в Японии, Иокогаме (май, 1994), анализу подвергались 200 стихийных бедствий (за срок с 1.01.1963 по 31.12.1992 г. – 30 лет): лавины, холода, засухи, землетрясения, пожары, наводнения, нашествие насекомых, оползни, тепловые волны, ураганы (нетропические), тропические ураганы, цунами, извержения вулканов и др. Оказалось, что число стихийных бедствий за этот период имеет четкую тенденцию роста. Важным элементом анализа природных катастроф является приуроченность их распространения к различным континентам и географическим зонам земного шара. Перед современным миром конференция поставила принципиально новую задачу: прогнозирование и предупреждение природных катастроф. «Лучше предупредить стихийные бедствия, чем устранять их последствия», – записано в итоговом документе конференции.

Поэтому развитие системы предупреждения стихийных природных явлений, уменьшение их опасности и смягчение последствий считается одной из приоритетных областей деятельности на всех уровнях – международном, государственном, областном и местном. Этим должны заниматься не только ученые, специалисты, организации и лица, непосредственно отвечающие за проблему, но и государственные и политические деятели [18].

В январе 2005 г. в Кобе (провинция Хиого, Япония) вновь состоялась Всемирная конференция по уменьшению опасности природных катастроф. На конференции был засвидетельствован факт дальнейшего роста природных катастроф в мире. При этом 97 % от общего количества пострадавших в результате природных катастроф приходится на счет стихийных бедствий, связанных с гидрометеорологическими опасностями. Наибольшее количество (32,5 %) катастроф связано с наводнениями. Конференция приняла итоговую Хиогскую декларацию и программный итоговый документ «Создание потенциала противодействия бедствиям на уровне государств на 2005–2015 годы». Решение, прежде всего, видится в реализации новой стратегии, нацеленной на создание методов и средств прогнозирования, оценку риска, разработку превентивных мер предупреждения и обеспечения готовности населения и объектов экономики к стихийным бедствиям [43].

Надо отметить, что последние годы увеличилось число так называемых синергетических (от греч. *synergetikos* – совместный, согласованно действующий), или многоступенчатых, катастроф. Это происходит тогда, когда одно стихийное бедствие порождает другое, что влечет за собой пагубные последствия в социальной, экономической и экологической сферах. По прогнозам, в ближайшие годы возрастет число и техногенных катастроф, возникновение которых обусловлено опасными природными явлениями. Например, в Канаде во время землетрясения в июле 1987 г. было зарегистрировано сразу 14 очагов утечки вредных химических веществ.

Контроль и управление синергетическими катастрофами значительно сложнее, чем чисто техногенными или природными катастрофами. Даже в странах с высокими технологическими стандартами и жесткими строительными требованиями предотвращение техногенных аварий при природных катастрофах считается маловероятным.

Природные опасности вызывают катастрофы, воздействуя на социальную, материальную или природную среду. Ныне в разных странах ведется интенсивная разработка методики оценки природных рисков и составление карт риска, позволяющих количественно оценивать возможные человеческие жертвы и материальный ущерб при развитии одного (индивидуальный риск) или нескольких (комплексный) опасных процессов.

Оценка риска позволяет определить приоритеты в хозяйственном освоении территорий и осуществлять экономическое регулирование в сфере обеспечения безопасности.

Оценка повторяемости природных ЧС разной степени тяжести позволяет районировать территорию страны по риску возникновения того или иного природного явления.

При районировании принимаются во внимание следующие факторы:

- длительность опыта природопользования (наблюдений) по данной территории, обеспечивающего естественный выбор наилучших местоположений городов, дорог, наиболее подходящих условий для жизни, режимов работы, технологий и т.д.;

- плотность и характер расселения населения по территории;

- доля используемой территории, т.е. определение уязвимости участков по природному риску;

- определение технологической сложности производства и коммуникаций, т.к. с повышением их сложности повторяемость техногенноприродных ЧС может возрастать в геометрической прогрессии.

Тяжесть ЧС может иметь прямую зависимость от меры насыщения производства опасными технологиями и веществами и воздействия на них ЧС природного характера. Например, в результате землетрясения 7 декабря 1988 г. в Армении были выведены из строя все 4 водопровода, 4 водозабора артезианских скважин, полностью канализационноочистные сооружения (215 км канализационных сетей), 190 км тепловых сетей, были разрушены 158 км газопровода, 12 котельных полностью, 49 получили повреждения и т.д. Ежегодный ущерб только от 21 крупной природной катастрофы достигает 110–140 трлн рублей.

Общее число погибших в авариях в результате природных бедствий превышает 50 тыс. человек в год, получивших увечья – 250 тыс. человек. Прямой и косвенный ущерб от этого, отнесённый к объёму ВВП, в России в 2–3 раза выше, чем в США и других развитых странах.



Таким образом, современный период характеризуется тенденцией к нарастанию природных катастроф, таких как наводнения, лесные и торфяные пожары, сильные снегопады, сильные дожди, сильные морозы, метели, оползни и т.д. Опасные природные процессы продолжают оказывать огромное влияние на уровень жизни населения планеты, ставя под угрозу жизнь и здоровье человека, объекты его жизнедеятельности. Стратегия борьбы с природными катастрофами должна исходить из существования тесной взаимосвязи между природными, техногенными и экологическими бедствиями. Решение проблемы борьбы со стихийными бедствиями видится в создании новых методов и средств прогнозирования, оценке риска, разработке превентивных мер предупреждения и обеспечении готовности населения и объектов экономики к стихийным бедствиям.

# Раздел I

## ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ И ЕЁ ГЕОСФЕРЫ

### Глава 2

#### ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

В процессе своей эволюции Земля как сложная система разделилась на чётко выраженные подсистемы, находящиеся в четырёх разных фазовых состояниях: твердом, жидком, газообразном, плазменном. Первой возникла литосфера, затем магнитосфера, а затем атмосфера, гидросфера и биосфера. Для нас важным является вопрос о строении, эволюции и их взаимодействии в условиях Солнечной системы. Природные (эндогенные и экзогенные) процессы на Земле обусловлены взаимодействием Земли и Космоса (Солнца).

Основными энергетическими факторами, порождающими все многообразие природных процессов, являются: солнечное и земное (например, «дегазация» мантии) тепло; ротация, связанная с вращением расслоенной и пространственно неоднородной литосферы; гравитация, связанная с воздействием Солнца, Луны и других космических сил.

По современным представлениям (В.В. Орленок, 2000 г.) единственно возможный путь эволюции живого и неживого вещества Земли определяется тремя основными характеристиками планеты Земля – ее *массой*, *гелиоцентрическим расстоянием* и *быстрым вращением вокруг своей оси*.

#### 2.1. Строение солнечной системы

Многие тысячи лет на Земле живет человек (30–50 тыс. лет), и по крайней мере всегда были даны ему два чуда природы: *день*, освещенный Солнцем, и *ночь* с манящими россыпями звезд на небесном своде. Солнечная система состоит из центральной звезды – Солнца. Вокруг него вращаются 8 планет и малые тела – астероиды и кометы (рис. 4). Они удерживаются на своих орбитах притяжением Солнца. Земля как космическое тело – одна из планет Солнечной системы. В состав Солнечной системы входят Солнце, восемь планет с их 32 спутниками, более 150 тыс. астероидов, около 100 комет, метеориты, а также космическая пыль и газы. Границей Солнечной системы считается внешняя граница *облака Оорта*. Параметры солнечной системы следующие: диаметр солнца равен 1,4 млн км; расстояние от солнца до Земли равно 1 астрономической единице (а.е.) – 149, 6 млн км; расстояние от Солнца до самой удаленной планеты Солнечной системы – *Плутона* – 39,4 а.е.; расстояние до облака Оорта – 100 000 – 150 000 а.е. Солнечная система является лишь частью более крупной системы – галактики Млечного пути.

Солнечная система характеризуется следующими основными свойствами:

- все планеты движутся вокруг Солнца в одной и той же плоскости, называемой плоскостью эклиптики;
- все планеты солнечной системы и их спутники обращаются вокруг Солнца по эллиптическим, близким к круговым орбитам;
- Солнце и планеты (за исключением Венеры и Урана) вращаются в одном и том же направлении;
- близкие к Солнцу планеты имеют ту же среднюю плотность, что и Земля (табл. 1).

Это говорит о том, что планеты и их спутники подчиняются некоторым общим фундаментальным естественным законам.

*Солнце* – это звезда спектрального класса G 2, таких много в нашей Галактике. Солнце является постоянным источником тепла и света на Земле. Температура на поверхности слоя яркого свечения равна 5500 °С, в центре, вероятно, достигает 15 000 000 °С. Солнце гудит как колокол. Частота звуковых волн низка для человеческого уха, но приборы ее улавливают. Химический состав вещества на Солнце следующий: водород – 73 % (по массе), гелий – 25 %, остальное – кислород, углерод, железо и т.д. Источник энергии Солнца – термоядерная реакция слияния ядер водорода с образованием ядра гелия. Газы оказываются в сильно сжатом состоянии и имеют плотность в 14 раз больше, чем свинец. Солнце имеет сильное магнитное поле, полярность которого меняется каждые 11 лет. *Одиннадцать лет* – цикл солнечной активности. На поверхности солнца также происходят локальные вспышки по 22-летним циклам. Они соответствуют периодичности изменения полярности магнитного поля Солнца.

От Солнца во все стороны радиально исходит *солнечный ветер* – поток плазмы, состоящий в основном из протонов и электронов. Вблизи Земли скорость частиц солнечного ветра равна 300–700 км/с. Магнитное поле Земли отклоняет большинство частиц, но часть их вблизи магнитных полюсов попадает в верхние слои атмосферы, заставляя их светиться. Это полярное сияние.

Предположительно Солнце будет светить около 7 млрд лет, пока весь водород не превратится в гелий. Тогда звезда вздуется, превратится в красного гиганта, а затем станет белым карликом. Интересно, что солнечный свет, падающий сейчас на Землю, покинул светило 8 минут назад, а отраженный от Луны попадает к нам всего за 1,3 секунд.

*Планеты* Солнечной системы – это четыре планеты земной группы – *Меркурий, Венера, Земля, Марс*; три планеты гиганта – Юпитер, Сатурн, Уран (рис. 4, табл. 1).

*Меркурий* – ближайшая к Солнцу безатмосферная планета с диаметром,

равным 0.38 диаметра Земли. Поверхность Меркурия днем нагревается от + 250 до + 450 °С, а ночью охлаждается до – 170 °С. Средняя плотность Меркурия такая же, что у Земли, что свидетельствует о том, что у этой планеты есть железное ядро. Большая часть поверхности Меркурия испещрена ударными кратерами метеоритов размером от 50 до 100 км в поперечнике. На снимках 1974 г. местами наблюдаются молодые равнины, по-видимому, образовавшиеся при излиянии базальтовых лав.



Рис. 4. Планеты Солнечной системы

*Венера* – вторая от Солнца планета, которую за сходство по размерам с Землей часто называют ее «сестрой». Венера вращается в обратную сторону вокруг своей оси, отличную от вращения Земли и других планет. Венера окутана очень плотной углекислой атмосферой, вследствие чего на поверхности нет суточных и сезонных колебаний температуры. Атмосферное давление на поверхности Венеры – 96 кг/см<sup>2</sup> (на Земле – 1 кг/см<sup>2</sup>), температура – около +500 °С. В этих условиях жидкая вода существовать не может, водяного пара в атмосфере Венеры тоже мало. На высоте 50–70 км от поверхности находится слой облаков из капелек концентрированной серной кислоты. С востока на запад дует ураганный (100–140 м/с) ветер. Венера близка к Земле по массе, а значит и по средней плотности (табл. 1). Однако собственного магнитного поля у Венеры нет. Большая часть поверхности Венеры – это равнины, горы занимают 15 % поверхности.

*Земля* – это третья от Солнца планета, место, где мы живем. Это уникальная планета во Вселенной, т.к. на ней единственной есть жизнь. Существование на Земле органического мира – одно из главных отличий нашей планеты от остальных планет Солнечной системы, а возможно и не

только ее. До настоящего времени все попытки обнаружить признаки внеземной жизни оказывались тщетными. По современным представлениям (В.В. Орленок, 2000 г.) единственно возможный путь эволюции живого и неживого вещества Земли в условиях Солнечной системы определяется тремя основными характеристиками планеты – ее *массой, гелиоцентрическим расстоянием и быстрым вращением вокруг своей оси.*

Эти три важнейшие характеристики у других планет Солнечной системы существенно отличаются от земных, что и является причиной наблюдаемых различий в их строении и путях эволюции (табл. 1).

*Масса* планеты Земля равна  $5,976 \cdot 10^{21}$  т. Шарообразная форма свидетельствует о преобладании гравитационной организации вещества в теле планеты.

*Радиус гелиоцентрической орбиты* Земли (по сути, – расстояние от солнца) в среднем равен 149,6 млн км. Есть основания полагать, что на таком расстоянии количество солнечного тепла, достигающего поверхности Земли, таково, что выносимая из недр вода имеет возможность длительное время сохраняться в жидкой фазе, формируя обширные океанические и морские бассейны. И действительно, уже на орбите Венеры, расположенной на 50 млн км ближе к Солнцу, из-за избытка солнечного тепла вода испаряется и может существовать только в атмосфере планеты. А на орбите Марса, расположенной на 70 млн км дальше от Солнца, вода из-за недостатка тепла пребывает в замерзшем состоянии под грунтом планеты.

## **Вставка 2**

Из-за непрерывного вращения Земли вокруг своей оси происходит смена дня и ночи. Почему происходит смена времен года на Земле?

Смена времен года вызвана обращением Земли вокруг Солнца. Времена года меняются потому, что земная ось наклонена относительно перпендикуляра к плоскости земной орбиты на угол  $23,5^\circ$ . Количество солнечного тепла, получаемого Землей в разные месяцы, неодинаково. Пока наша планета совершает свой путь в течение года по орбите, Северное полушарие Земли оказывается повернуто то к Солнцу, то от Солнца. Когда Северное полушарие развернуто к Солнцу, то тогда здесь наступает *лето*. Дни стоят длинные и жаркие, а некоторое время Солнце за полярным кругом вообще не заходит. Так называемое летнее солнцестояние наблюдается в Северном полушарии 21 июня – это самый длительный день в году. А *зимой*, когда Земля оказывается уже по другую сторону Солнца, Северное полушарие повернуто от Солнца, что вызывает падение температуры. Зимнее солнцестояние приходится на 21 декабря – самый короткий день в году. На экваторе всегда жарко, т.к. здесь солнечные лучи падают под прямым углом целый год. В приполярных зонах постоянно холодно

Следующая характеристика – *вращение Земли*. Полный оборот вокруг своей оси Земля делает за 24 часа. Считается, что именно благодаря такому вращению возникают динамические условия, необходимые для образования земного магнитного поля. Без магнитного экрана, как известно, развитие современных форм жизни было бы невозможно. Суша бы представляла собой мертвые пустыни. Суточное вращение Земли обеспечивает также смену дня и ночи, периодическое нагревание и охлаждение ее поверхности. Это способствует жизнедеятельности биосферы, ускорению динамики всех процессов.

Для решения большинства астрономических задач достаточно считать Землю эллипсоидом или, точнее, сфероидом. По данным измерений, Земля – сплюснутый с полюсов шар. Экваториальный радиус равен 6 378 245 м, полярный радиус – 6 356 863 м. Разность между радиусами 21 382 м (= 21,4 км). Обычно, когда не требуется высокая точность, средний радиус Земли принимают равным 6 371 км. Экваториальные радиусы также не равны между собой, разница между ними составляет 213 м.

*Поверхность Земли*. Основные области земной поверхности – поверхность суши и водная поверхность, соответствующие континентам и океанам.

На рис. 5 поверхность Земли развернута в фигуру, называемую «континентальная звезда», на которой наглядно показано соотношение поверхности материков, составляющей 29,2 % всей поверхности Земли, и поверхности водных пространств, представляющих прерывистую гидросферу, занимающей в общей сложности 70,8 % всей поверхности Земли.

Твердая оболочка Земли характеризуется расчлененным рельефом. Наиболее высокая точка на Земле (Эверест\*, или Джомолунгма\*) имеет высоту 8 848 м. Наибольшая глубина океана в Марианском желобе Тихого океана находится под слоем воды толщиной 11 022 м. На дно Марианской впадины в 1960 г. опускался французский ученый Ж. Пикар в батискафе «Триест».

На материках выделяются низменности, плоскогорья и горные хребты. Высота низменностей над уровнем моря не поднимается выше 200 м, плоскогорья приподнимаются до 1 км и выше. Горные хребты имеют резко пересеченный рельеф и образуют крупные пояса.

*Марс* – четвертая от Солнца планета. Марс гораздо меньше Земли. Солнечные сутки на Марсе – 24 ч. 37 мин. Плоскость экватора планеты наклонена к плоскости ее орбиты почти так же, как и у Земли. Это определяет наличие сезонов в климате Марса.

\*Эверест – английское название; \* Джомолунгма – тибетское название.

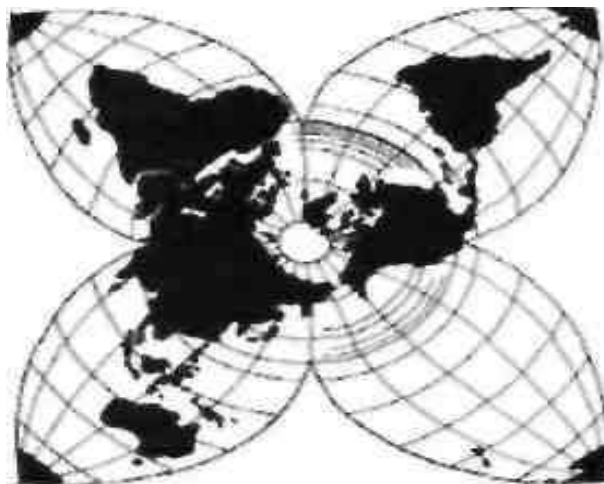


Рис. 5. Соотношение материков и гидросферы в виде «континентальной звезды» (К.А. Куликов)

У Марса есть углекислая атмосфера, но она разреженная, давление у поверхности всего  $0,003\text{--}0,010\text{ кг/см}^2$ , поэтому нет жидкой воды – она либо испарится, либо замерзнет. На экваторе Марса максимальные дневные температуры могут достигнуть  $+250\text{ }^\circ\text{C}$ , но в ночное время опуститься до  $-90\text{ }^\circ\text{C}$ . В атмосфере Марса, кроме белых облаков из кристалликов льда и твердой углекислоты, иногда наблюдаются желтые облака – это пылевые бури.

На поверхности Марса выделяются два типа местности – возвышенности (в южном полушарии) и равнины (в северном полушарии). В ранней истории Марса (около 4 млрд лет назад), вероятно, был период, когда атмосфера была более плотной, шли дожди, текли реки, которые впадали в озера и моря. Не исключено, что в этот период на Марсе была примитивная жизнь. А поскольку падение на Землю метеоритов – это почти установленный факт, не исключено, что когда-то эти метеориты занесли на Землю марсианские микроорганизмы. Может быть Сванте Аррениус был прав, говоря о том, что жизнь на Землю была занесена извне. Эта гипотеза была предложена шведским ученым физиком С. Аррениусом в конце XIX в. и известна под названием «гипотеза панспермии». Она предусматривала занос спор микроорганизмов, рассеянных по всей Вселенной, на Землю, где они дали начало разнообразному органическому миру. В настоящее время никаких бактерий или вирусов в космосе до сих пор не обнаружено, но органические химические соединения найдены в метеоритах, и особенно в веществе кометы Галлея.

Недра планеты Марс к настоящему времени сильно остыли, а запасы воды в виде льда сосредоточены под прочной литосферой.

Три планеты-гиганта нами не рассматриваются.

Таким образом, общей чертой планет земной группы является их относительно высокая плотность (3,34–5,52 г/см<sup>3</sup>). Это указывает на то, что они сложены преимущественно твердым каменным материалом.

Содержание газов, образующих атмосферы планет, очень мало, или его совсем нет, как у Меркурия и Луны. Там же совсем нет воды. На Венере в малых количествах вода присутствует в виде пара в атмосфере, а на Марсе вода находится в замороженном состоянии. На Земле вода может находиться в жидком, парообразном и твердом состояниях.

*Малые тела – астероиды и кометы* – это малоизмененные представители того вещества, из которых образовались планеты. Некоторые астероиды и кометы пересекают орбиту Земли, например, группы Аполлон сталкиваются с ней. Из геологической летописи мы знаем, что такие столкновения опасны для биосферы Земли.

*Астероиды* – это сравнительно небольшие твердые тела. Они, так же как и планеты, вращаются вокруг Солнца между орбитами Марса и Юпитера, образуя пояс астероидов. Астероиды – это источник падающих на Землю метеоритов – «парящих в воздухе». Ежегодно на Землю падает до 10 000 т космического вещества, но главным образом пыль. Частицы пыли нагреваются до температуры более 10 000° С, либо сгорают, либо достигают Земли. Их в Антарктиде найдено в настоящее время около 20 000 штук. По химическому составу метеориты близки к ультраосновным и основным магматическим горным породам. Они свидетельствуют о том, что Луна, Марс, сложены из того же вещества, что и Земля. В научных журналах есть данные, что в метеоритах обнаружены микроорганизмы (грибы, цианобактерии и т.д.).

*Кометы* приходят с периферии Солнечной системы в ее внутреннюю часть. Здесь у них образуются светящая «кома» и «хвост». Мы их видим невооруженным глазом. «Кома» – это облако газа и пыли, а ядро «комы» размером от 1 до 20 км в поперечнике состоит из смеси льда и пыли. Кометы движутся вокруг Солнца по сильно вытянутым орбитам с периодом вращения около 200 лет.

У Земли есть естественный единственный спутник – *Луна*. Она по одной из гипотез образовалась из обломков, которые постепенно притянулись друг к другу. Луна движется вокруг Земли на среднем удалении 384 000 км, но непрерывно на 2–4 см в год удаляется от Земли. Луна повернута к Земле всегда одной стороной. Период ее вращения вокруг Земли равен периоду ее вращения вокруг своей оси и составляет 29,5 земных суток. Наш спутник светится, потому что отражает солнечный свет. На протяжении месяца для нас освещены разные части видимой стороны Луны, в зависимости от ее места на орбите. В новолуние Солнце освещает видимую нам сторону Луны, поэтому



вместо нее на фоне звезд просто черное пятно. В полнолуние на небе ровный яркий круг. В остальные фазы лунный диск неполный. Между новолунием и полнолунием Луна на небе как будто растет и называется «молодой». А между полнолунием и новолунием она «убывает» и «старее».

Иногда Луна, Земля и Солнце выстраиваются по одной прямой и возникают затмения. Когда Луна проходит в земной тени, наступает лунное затмение. Лунный диск медно-оранжевый – на него падает часть солнечного света, отфильтрованного нашей атмосферой. Перед тем как Луна полностью закроет Солнце, его свет создает эффект кольца с бриллиантом. Край раскаленного шара сияет драгоценным камнем, а солнечная корона сияет вокруг темного лунного диска – Солнечное затмение.

Атмосферы и магнитного поля у Луны нет. Лунное притяжение в 6 раз слабее земного. Небо на Луне всегда черное. На экваторе температура поверхности в полдень достигает +150 °С, а ночью опускается до – 150 °С. На Луне есть два типа местности – материки (83 %) и лунные «моря» (17 %). Материки выглядят как светлые, т.к. сложены светлыми породами – полевыми шпатами. Лунные «моря» – это темные базальтовые равнины, образующие понижения среди материков. В лунных породах оказалось всего 10 % железа, тогда как Земля состоит на 30 % из него (ее ядро целиком железное).

Слабая метеоритная бомбардировка поверхности Луны привела к формированию лунного грунта – *реголита* – мощностью всего несколько метров. Летавший на Луну американский космонавт – геолог Г. Шмидт метко выразился, что слабая переработанность поверхности Луны за последние 3–4 млрд. лет делает ее «запыленным окном в изучении происхождения и эволюции Земли». Вопрос о происхождении Луны остается открытым. Пока известно только одно: Земля и ее спутник имеет один и тот же возраст.

## Сведения о планетах

Планеты	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран
Среднее расстояние от Солнца, млн км а. е.	58 0,39	108 0,72	149.6 1,00	227,9 1,52	778.3 5,2	1427 9,54	2870 19.18
Период обращения вокруг Солнца	88 сут	225 сут	365 сут	687 сут	11,86 лет	29,5 лет	84 года
Наклон орбиты к плоскости орбиты З., град.	7	3,4	0	1,85	1,3	2,49	0,77
Период вращения	58.65 сут	243 сут	24ч	24,62 ч	9,92ч	10.5 ч	17.24ч
Наклон экваториальной плоскости к плоскости	-0	177,3	23,27	23,98	3,12	26,73	97,72
Диаметр, км	4878	12100	12756	6778	142924	120536	51118
Масса, г * *	3,3(26)	4,9(27)	5,98 (27)	6,4 (26)	1,9(30)	5,68 (29)	8,63 (28)
Средняя плотность,	5,44	5.3	5,5	3,9	1,33	0,687	1,32
Состав	Силикаты, железо	Силикаты, железо	Силикаты, железо	Силикаты, железо	Н <sub>2</sub> , Не, силикаты	Н <sub>2</sub> , Не, силикаты	Н <sub>2</sub> , Не, силикаты
Атмосфера	Нет	Мощная, CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	разреженная, CO <sub>2</sub>	Мощная, Н <sub>2</sub> , Не	Мощная, Н <sub>2</sub> , Не	Мощная, Н <sub>2</sub> , Не
Магнитное поле	Есть	Нет	Есть	?	Есть	Есть	Есть
Спутники	Нет	Нет	1	2	16	17	15

\* Значения углов больше 90° указывают на обратное вращение, например значение 177,3° для Венеры показывает, что экваториальная плоскость наклонена к плоскости орбиты Венеры на 2,7° (180–177,3 =2,7), но Венера вращается в обратную сторону.

\* Цифры в скобках – показатель степени множителя 10, например. 3,3 (26) – это 3,3–10<sup>26</sup>.

## 2.2. Взаимодействие космоса и Земли – основной источник ОПШ

Специалисты читают, что историю Земли невозможно правильно понять, не учитывая того, что Земля существует и развивается в космическом пространстве. Люди всегда чувствовали свою зависимость от Солнца, они угадывали, что судьбы Земли тесно связаны с судьбами Солнца. Поэтому издревле человек признавал источник света, тепла и жизни своим главным богом.

Общее влияние Солнца на развитие органической жизни еще с древнейших времен наблюдалось многими мыслителями – Гераклит (540–480 гг. до н.э.), Пифагор (VI в. до н.э.), Платон, ученик Сократа (427–347 гг. до н.э.).

В античные и в средние века уже замечается взаимосвязанность различных стихийных явлений, проявлявшихся в одно и то же время: эпидемий, землетрясений, засух или наводнений, неурожая. Эти явления сопровождалась небесными «знамениями» – странная окраска неба, полярные сияния, круги вокруг Солнца, знаки на Солнце (темные образования, пятна, видимые невооруженным глазом), которые связывались с религиозными представлениями.

Основоположителем системного подхода к проблемам солнечноземных связей был выдающийся русский ученый А.Л. Чижевский (1897–1964) Ему принадлежит заслуга в развитии научного метода, названного методом «наложения эпох», который позволил правильно использовать сложный, запутанный и на первый взгляд противоречивый материал. Он отмечал, что «следует отметить давно принятый наукою параллелизм трех кривых, представляющих собою графическое изображение пятнообразовательной деятельности Солнца, частоты полярных сияний и колебаний земного магнетизма».

По данным исследователей, магнитные возмущения запаздывают приблизительно на двое суток со времени нахождения пятна в области центрального солнечного меридиана. Отставание магнитного эффекта объясняют временем, необходимым электрическим частицам солнечной материи для прохождения пути от солнечных пятен до Земли.

Выдающийся ученый С.И. Вавилов писал: «Изменения в числе солнечных пятен существенно влияют на перемены погоды и, следовательно, на растительность и все живое на Земле».

Различные процессы на самой Земле и в окружающем ее пространстве (геосфере) протекают при непрерывном воздействии космических факторов. Изменение этих факторов влечет за собой изменение и земных процессов. Основные космические факторы обусловлены влиянием Солнца, определяются солнечной активностью. Резкое усиление солнечной

активности означает соответствующее увеличение плотности потоков заряженных частиц, исходящих из Солнца, увеличение плотности межпланетной среды.

Наиболее динамичными зонами и, следовательно, откликающимися на внешние воздействия космоса являются верхние оболочки Земли: магнитосфера, атмосфера, гидросфера и литосфера, а также биосфера. Например, мы ежедневно наблюдаем, как меняется погода, которая обусловлена взаимодействием океана, атмосферы и космоса. Землетрясения и вулканы также являются дирижёрами погоды и климата и, в свою очередь, подчинены гравитационным влияниям Луны и Солнца. Именно в пограничных областях происходит наложение ритмов и влияния различных систем. Поэтому здесь быстрее достигается состояние неустойчивости, и осуществляются экстремальные воздействия. Следствием является возникновение разнообразных природных процессов и явлений. Наиболее выраженной пограничной зоной, где происходит совместное воздействие различных сфер Земли и систем космоса, являются верхние части литосферы и биосфера (рис. 3.25, с. 133. Иванов О.П., 1993).

Это дает основания считать, что все земные процессы, так или иначе, «живут» энергией Солнца. На эту тему опубликовано множество статей, брошюр, книг, в которых можно найти ответы на все интересующие вопросы.

Рассмотрим некоторые аспекты влияния космических факторов на растительный и животный мир.

Самым наглядным проявлением влияния условий в космосе на жизнь растений на Земле является чередование толщины годичных колец деревьев. Толщина годичных колец деревьев зависит от количества осадков, что определяется атмосферной циркуляцией. Последняя, в свою очередь, зависит от солнечной активности. Наиболее полные данные об этой связи были получены астрономом А. Дугласом. Он изучал срезы долгоживущих деревьев, что дало ему возможность проследить влияние солнечной активности на рост деревьев в течение веков и даже тысячелетий.

Изучая срез секвойи, живущей 3 200 лет, Дуглас обнаружил, что жизненная активность растений (большая толщина годичных колец) проявляется не только раз в пределах 11-летнего (или другого) цикла в максимумах солнечной активности, но и между ними, т. е. при минимальной солнечной активности.

Возмущение магнитного поля Земли, геомагнитные бури, оказывают влияние и на движение насекомых. Возмущение магнитного поля будоражит насекомых, приводит их в беспокойное, возбужденное состояние. Насекомые, которые в спокойных условиях ночью находятся в покое, во время магнитных бурь приходят в активное движение.

Многие факты говорят, что для ориентации в пространстве при перелетах

птицы используют магнитное поле Земли. Почтовые голуби, например, способны вернуться домой даже в том случае, когда нет никаких видимых ориентиров, при сплошной облачности, сильном тумане и т.п. Малотого, в этих сложных условиях птицы способны вернуться домой из совершенно незнакомого места, куда их вывезли впервые. Птицы будут лететь правильным курсом при изменении любых условий во внешней среде, кроме магнитного поля. Если магнитное поле существенно меняется, то птицы могут сбиться с пути. Это говорит об особом устройстве организма животных, который формировался при наличии определенного магнитного поля Земли и поэтому приобрел к нему чувствительность.

О прямом воздействии магнитного поля Земли на животных свидетельствуют и опыты с рыбами. Установлено, что рыбы обладают способностью к навигации в открытом море, и при этом ведут себя, как птицы, – правильно определяют нужное им направление. Это касается тех видов рыб, которые совершают значительные миграционные перемещения.

Представленная цепь взаимосвязанных явлений представляет собой, по сути, цепочку передачи и преобразования солнечной энергии в механизме солнечно-земных связей.

Рассмотрим три аспекта влияния космических процессов на развитие процессов на Земле.

Взаимодействие Луны и Земли выражается прежде всего в *твердых приливах*, вызываемых лунным притяжением. Главный «тормоз» – Луна, вызывающая приливы и отливы в морях, земной коре и атмосфере. Луна тянет против вращения Земли и противодействует ему. Гравитационное притяжение Луны оказывает влияние на сейсмическую активность Земли, обуславливая ее суточную и более крупную, 10-летнюю, периодичность. Опыты, проведенные астронавтами, показали, что Луна влияет на земной климат. У нас регулярно сменяются времена года – из-за наклона собственной оси вращения Земли к плоскости ее орбиты под средним углом  $66^{\circ} 33'$ . Луна его стабилизирует, так что он колеблется в пределах всего  $1^{\circ} 3'$ . Без Луны наклон земной оси значительно колебался бы, что привело бы к длительности дней и ночей до полугода. Кроме этого, Луна влияет на скорость вращения Земли вокруг своей оси. Примерно 370 млн лет назад год длился 400 суток, а сейчас – 365 с небольшим, поскольку Земля медленней обращается вокруг своей оси вследствие приливного торможения.

Следующий аспект рассматриваемой проблемы – *влияние на Землю процессов, происходящих на Солнце*. Выявлена периодичность в 9, 30 и 90 лет изменения земного климата в зависимости от колебаний солнечной активности.

Появились также указания на существование цикличности в 13, 19 и 23 тыс. лет, связанной с изменениями расстояния между Землей и Солнцем

(Кузнецов и др., 1991).

Установлено, что Солнце и вся Солнечная система движется вокруг центра Галактики не по круговой, а эллиптической орбите с длительностью галактического года в 217 млн лет. Поэтому условия, в которых находится Солнечная система, а значит и наша Земля в ее крайних точках – в перигалактии и апогалактии, существенно различаются.

Согласно соображениям Н.А. Ясманова (1992), «в перигалактии интенсивность солнечной радиации, достигающей земной поверхности, уменьшается вследствие прохождения Солнечной системой газопылевого облака. В это время на Земле усиливается вулканическая и сейсмическая активность, увеличивается скорость движения литосферных плит, усиливается образование глубинных разломов. В апогалактии при прохождении Солнечной системой пространства, свободного от газопылевых облаков, усиливается интенсивность космической и солнечной радиации, достигающей земной поверхности. Это и является одной из причин глобального потепления на Земле. Но, кроме климатических воздействий, в это время чаще происходит столкновение литосферных плит и усиливаются колебательные движения на крупных устойчивых геоструктурных блоках земной коры».

### **2.3. Географическая зональность – выражение взаимодействия Земли и Солнца и как основной фактор распространения опасных природных процессов**

Географическая зональность (природная, ландшафтная, широтная зональность) – одна из основных географических закономерностей Земли. Она выражается в отчетливой последовательности смены типов природных комплексов (ландшафтов, геосистем, экосистем) и компонентов природной среды [рельеф, почвы, климат, поверхностные и подземные воды, растительный и животный мир, природные процессы и явления (ЭЭС, 1999, с. 524)].

Географическая зональность во всей иерархии ее проявления – следствие и результат взаимодействия Земли как единой системы с космосом (прежде всего Солнцем) и геосфер между собой (рис. 4).

Положение Земли в Солнечной системе, особенности вращения ее вокруг Солнца и своей оси дифференцирует на поверхности Земного шара макрзоны – термически однородные широтные пояса. В географии их выделено девять (рис. 6). Эти широтные пояса также называются географическими, физико-географическими и климатическими поясами.

*Ландшафт* – природный географический комплекс (биом), где природные компоненты (рельеф, климат, вода, почва) находятся в сложном

*взаимодействию и взаимообусловленности, образуя по условиям развития единую систему.*

С позиции системного анализа ландшафт представляет собой открытую динамическую систему, все компоненты которой связаны между собой энергомассообменом и передачей информации. Ландшафт тесно связан с климатом (балансом тепла и влаги), геологическим субстратом (литогенной основой) и находится под воздействием различных антропогенных факторов.

Устойчивость ландшафтов к антропогенным воздействиям различна, и они делятся по этому признаку на три группы: устойчивые, средней устойчивости и неустойчивые.

Для первых характерно быстрое восстановление экологического равновесия и самозалечивание всех возникших нарушений, у третьих – восстановление экологического равновесия происходит медленно или не происходит совсем.

Каждый ландшафт Земли – это «блюдо» в планетной кухне, «изысканное кушанье», приготовленное самой Природой из горных пород, воздуха, растений и животных, заправленное влагой и солнечным теплом. Всё это намешано в разных пропорциях и различных вариантах. В результате этого мы имеем «на столе» арктические пустыни, влажные тропические леса, степи и саванны, пустыни и муссонные леса (рис. 6).

«Вкус блюда» (внешний облик ландшафта, его структура) зависит в основном от соотношения количества воды и тепла. Поступление этих главных «продуктов» связано с широтой местности. Поэтому получающиеся «блюда» – ландшафты – расставлены на земном «столе» главным образом полосами вдоль параллелей. Бывают и исключения, когда вмешиваются горы, морские течения, нарушающие строгий порядок «сервировки».

Больше всего тепла и влаги в районе экватора, где располагаются богатейшие ландшафты влажных экваториальных и тропических лесов.

Меньше всего – у полюсов, на северной и южной вершинах планеты. Там влачат существование скудные ландшафты арктических и антарктических пустынь (рис. 6).

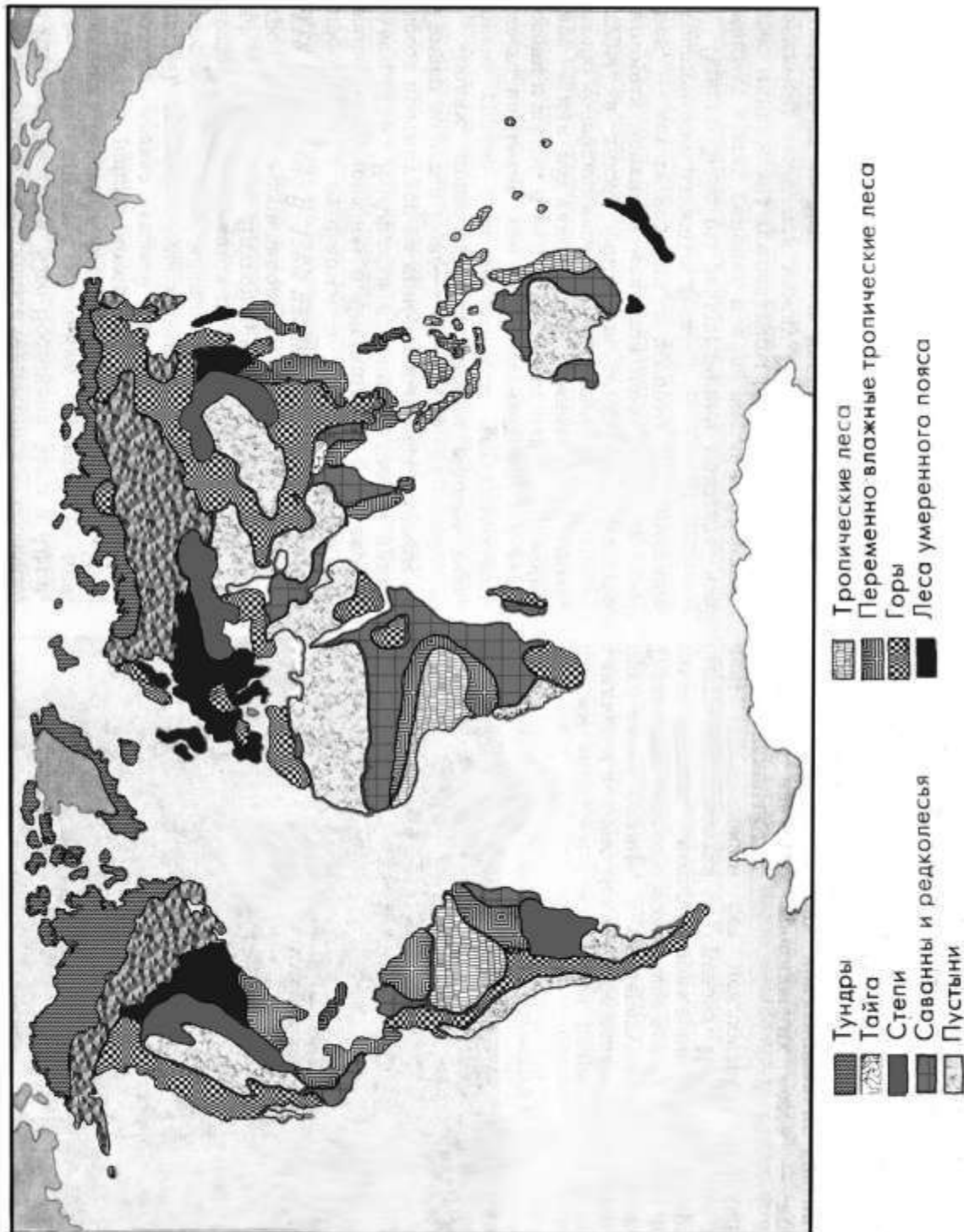


Рис. 6. Ландшафты планеты Земля



В течение всего года среднемесячные температуры остаются практически неизменными: (+24) – (+28) °С, выпадают обильные осадки. Почва влажных тропических лесов кирпично-красного цвета, за что она и получила название кремнезёма, или ферраллитной почвы (от лат. «феррум» – железо); местами достигают мощности 20 метров. Развиты такие природные процессы, как заболачивание, ливневые дожди.

*Ландшафты тропиков с летним влажным периодом*, где тепла ещё очень много, а вот осадки выпадают только в определённые сезоны, которые неотвратно сменяются сухими и влажными периодами (рис. 6). Они никогда не протягиваются сплошными широтными полосами.

*Летнезеленые муссонные тропические леса*. Когда эти леса покрыты листвой, они очень похожи на вечнозелёные экваториальные. Внешний вид муссонного тропического леса ко времени наступления засухи совсем не похож на лиственный лес зимой где-нибудь в Европе.

*Саванны*. Сухой период времени в саванне длится 5–8 мес. в году, количество осадков – до 200 мм в год.

*Ландшафты пустынь и полупустынь*. Ландшафты пустынь охватывают весь земной шар и занимают свыше 1/4 всей поверхности суши Земли. Существование пустынь везде связано с одной причиной – жестокой нехваткой влаги.

Во всех засушливых областях земного шара прослеживается закономерность: в направлении от края к центрам пустынь растительный покров становится более редким. Сокращая до предела поверхность листьев, растения пустынь сильнее развивают корневые системы. Характерны ураганы, тайфуны, смерчи.

*Ландшафты степей и полустепей*. Русское слово «степь» встречается во многих языках мира. Потому что самая обширная область степей – евросибирская – простирается поясом шириной до 1000 км от Восточной Европы (устье Дуная) до Восточной Азии (Амурская область), рис. 6. И на всём этом пространстве безлесные, поросшие злаками территории с умеренным климатом называются словом «степь».

Для этой зоны *характерны*: 1) большие запасы живого и мертвого органического вещества; преимущество составляет мертвое – в виде почвенного гумуса (96 %); плодородие очень высокое; 2) величина первичной продукции значительная; 3) интенсивный общий газообмен, но вклад в кислородный баланс атмосферы планеты несущественный, т.к. идет расход на окисление мертвой органики.

Степи – ландшафты с умеренным климатом и холодной зимой – расположены в областях с недостатком влаги. Влага здесь испаряется больше, чем выпадает осадков (причём нередко в два раза). Степи – это тёплое лето со средней температурой июля +20 – +25 °С и холодная зима со

средними температурами значительно ниже нуля и снежным покровом. Почвы степей знамениты во всём мире. Это – чернозёмы, которые так и называются на всех языках.

На границе степи и леса образуются уникальные лесостепные ландшафты. Пониженные места в них заняты лесами (в Европе – дубравами), а возвышенности – степями и лугами. Если климат становится влажнее, леса поднимаются наверх, вытесняя степь, а если суше – прячутся на склонах, днищах оврагов и балок. Только человек положил конец этим многовековым колебаниям. Распахав богатые почвы степей, он навсегда «загнал» лес в овраги и низины. Ландшафты широколиственных лесов очень сильно изменены человеком, и их естественных, ненарушенных участков сохранилось до наших дней очень мало.

*Ландшафты широколиственных лесов.* Они располагаются на окраинах материков – на востоке Северной Америки, в районах Восточной Азии с умеренным климатом и в Европе, т.е. только там, где достаточно тепло и дожди часто приносят воду от океанов (рис. 6).

Тепла здесь ещё достаточно, только зимы бывают морозными и длятся 3–4 месяца.

*Таежные ландшафты.* На нашей планете есть два зелёных океана – лесные тропические и экваториальные ландшафты и таёжные ландшафты российской Сибири и Канады (рис. 6).

Их распространение определено климатом (приходом тепла и влаги). Обязательным элементом хвойных ландшафтов в Западной Сибири являются болота. Они занимают площадь более 54 тыс. кв. км. Это не удивительно, т.к. здесь осадков выпадает больше, чем успевают испариться за год. Мерзлая глинистая почва не даёт воде просачиваться вглубь, а плоский рельеф замедляет её сток в реки. Кроме этого, неотектонические процессы ведут к опусканию поверхности ЗападноСибирской низменности. Все это как будто нарочно создано для заболачивания тайги.

Для биота тайги *характерны*: 1) большой запас живого и мертвого органического вещества, причем преобладает живая биомасса (99 %); 2) низкое плодородие почв; 3) значительная, но бедная видами величина первичной продукции (4 вида: ель, пихта, сосна, лиственница); 4) существенен вклад в кислородный баланс атмосферы планеты (1 га леса выделяет за 1 год около тысячи кубических метров кислорода, что соответствует годовой потребности в нём человека). В связи с быстрым сокращением площади лесов на земном шаре возникает угроза нарушения баланса содержания кислорода в атмосфере.

Почти обязательным элементом хвойных ландшафтов являются болота. Ведь здесь осадков выпадает больше, чем успевают испариться за год, мёрзлая глинистая почва не даёт воде просачиваться вглубь, глины не

пропускают влагу, а плоский рельеф замедляет её сток в реки. Всё это как будто нарочно создано для заболачивания тайги.

Осушения болот вызывают целый ряд негативных экологических последствий. Естественная болотная растительность после осушения болот деградирует. Затем торфяной слой мощностью 2–3 м через 10–20 лет срабатывается до минерального дна. Примером является Белорусское полесье, где господствуют сейчас черные пыльные бури. Осушение болот ведет к нарушению режима питания рек, т.к. многие ручьи чаще всего вытекают из болот.

*Ландшафты тундр.* Слово «тундра» происходит от финского «тунтури», что означает «плоский безлесный холм». Действительно, отсутствие деревьев – это самая яркая особенность тундр.

Тундры широко распространены в основном в Северном полушарии – в Евразии и в Северной Америке. Почти непрерывным поясом они тянутся по самым северным территориям материков вокруг Северного полюса, как говорят учёные, циркумполярно («циркум» по-латыни – «вокруг») (рис. б).

В России тундры занимают по площади второе место после тайги. Лето в тундре холодное ( $+ 10^{\circ}$ ), короткое (2–2,5 месяца) и светлое (полярный день). Осадков очень мало, как в пустыне. Но воды много. Кругом озера, реки, мокрый мох под ногами.

Для зоны тундры *характерны*: 1) небольшие запасы живого и мертвого вещества; 2) низкая скорость разложения растительных остатков, и соответственно процессы образования почв идут вяло, как бы нехотя; 3) небольшое разнообразие видов растений (менее 100); 4) наличие многолетних мерзлых пород.

Расчищенная грунтовая площадка через несколько лет превращается в провальное озеро.

Особую экологическую опасность в районах распространения многолетне мёрзлых пород представляют геолого-разведочные работы. Результатом их являются:

1) образование термокарста – явление неравномерного проседания или провала почвы в результате вытаивания подземного льда;

2) образование скваженных кратеров диаметром до 250 метров: они образуются под действием тепла, выделяемого в процессе бурения;

3) мерзлота способствует длительному сохранению нефтяного загрязнения на поверхности литосферы: самоочищение почв здесь практически не происходит;

4) ягель на оленьих пастбищах растёт очень медленно (6–8 см за 50 лет).

Таким образом, биомы тундры очень уязвимы к вмешательству человека.

*Ландшафты полярных пустынь.* Полярные пустыни – это незаходящее

летом солнце и затяжная зимняя ночь, озаряемая полярными сияниями; это мир морозов, метелей, дрейфующих льдов.

Большая часть полярных пустынь расположена в Арктике. Долгая и лютая зима – до 4–4,5 месяцев, лето (а его можно так называть только условно) – лишь 10–20 дней со средней температурой выше нуля. Но грунт успевает оттаять на полметра. Камни вымораживаются и выпирают из грунта наверх, а затем раздвигаются от центра к периферии.

Сложный характер циркуляции воздушных масс и водного обмена ведет к усложнению рисунка границ природных зон, которые в отдельных секторах континентов могут выпадать, выклиниваться и т.д., но, однако, это не нарушает общей закономерности распределения ландшафтов на Земном шаре (рис. 6). Гидротермический фактор – ведущий, но не единственный в формировании природных зон. Названия природным зонам даются по типу растительности как индикатора ландшафта. Следует отметить, что адаптивные возможности зональных геосистем различны, разнообразны генетические типы экзогенных природных процессов, и это требует разработки зонально дифференцированных стратегий природопользования и защиты от опасных природных процессов.

Далее рассмотрим территорию России, которая имеет 7 географических поясов и подвержена воздействию практически всех опасных природных явлений и процессов разных видов происхождений.

С 1985 по 1993 г. на территории России, в соответствии с критериями МЧС, происходило 130–140 ЧС геофизического характера в год.

По данным МЧС основные материальные потери в нашей стране приносят наводнения (около 30 %), оползни, обвалы и лавины (21 %), ураганы и смерчи (14 %), сели и переработка берегов водохранилищ и морей (3 %).

Географическое положение России предопределяет большое разнообразие чрезвычайных ситуаций на территории. Характерно:

1. Повсеместная распространенность ЧС, связанных с холодными и снежными зимами, создающих относительно высокое «сопротивление» природной среды развитию хозяйства (повышенные материальные затраты на освоение природных ресурсов, эксплуатацию городов, населенных пунктов, дорог и других коммуникаций, риск огромных потерь в случаях возникновения ЧС даже при авариях в системе теплоснабжения и т.п.).

2. Большая часть населения проживает на юге Западной и Восточной Сибири, Дальнем Востоке, где наименьшее количество распространения природных опасностей разрушительного вида (землетрясений, ураганов, цунами и пр.).

3. Высокая научная и нормативная обеспеченность мер снижения природного риска, сокращения ущерба от ЧС.

Основные природные ЧС по регионам в порядке повторяемости следующие:

- северо-западный регион – сильные ветры, наводнения, морозы, снегопады, метели;
- центральный регион – сильные дожди, сильные ветры, наводнения, снегопады, морозы, метели, заморозки;
- Приволжский регион – наводнения, сильные ветры, гололед;
- Северо-Кавказский регион – наводнения, сильные дожди, сильные ветры, землетрясения, оползни, сильные снегопады, сели, лавины, гололед, градобития;
- Уральский регион – наводнения, сильные ветры, метели, сильные дожди, оползни;
- Западно-Сибирский регион – наводнения, сильные снегопады, сильные дожди, сильные морозы, метели, оползни;
- Восточно-Сибирский регион – наводнения, метели, сильные морозы, сильные дожди, сильные ветры, лавины, обвалы, сели;
- Забайкальский регион – наводнения, сильные дожди, землетрясения, сильные ветры, засуха, сильные снегопады;
- Дальневосточный регион – наводнения, сильные дожди, сильные ветры, землетрясения, сильные снегопады, сели, лавины, метели, сильные морозы.

Таким образом, взаимодействие космоса и Земли определяет сложный характер циркуляции воздушных масс и водного обмена. Наиболее динамичными зонами и, следовательно, откликающимися на внешние воздействия космоса являются верхние оболочки Земли: магнитосфера, атмосфера, гидросфера и литосфера, а также биосфера. Землетрясения и вулканы также являются дирижёрами погоды и климата и, в свою очередь, подчинены гравитационным влияниям Луны и Солнца. Следствием является возникновение разнообразных природных процессов и явлений. Выявлена общая закономерность распределения ландшафтов на Земном шаре. Установлено, что гидротермический фактор – ведущий, но не единственный в формировании природных зон. Названия природным зонам даются по типу растительности как индикатора ландшафта. Следует отметить, что разнообразны генетические типы эк-

зогенных опасных природных процессов, и это требует разработки зонально дифференцированных стратегий природопользования и защиты от опасных природных процессов.

Территория России имеет 7 географических поясов, которые находятся в разных регионах, и подвержена воздействию практически всех опасных природных явлений и процессов разных видов происхождений.

## Глава 3 СТРОЕНИЕ И ДИНАМИКА СФЕР ЗЕМЛИ

### 3.1. Строение и динамика литосферы

*Литосфера (земная кора)* (от греч. *litos* – камень и сфера) включает в себя недра и рассматривается как минеральная часть системы. Это внешняя сфера «твердой» Земли, иерархически включающая следующие подразделения: формации, стратиграфические комплексы, группы, системы, серии, свиты, литологические слои.

Внутренняя сфера Земли наблюдениям почти недоступна. Еще до бурения глубоких и сверхглубоких скважин (самая глубокая из них – Кольская скважина – достигла рекордной глубины – более 12 км) сведения о недрах получали при изучении глубоких слоев Земли, вышедших на поверхность вследствие денудации (разрушения) вышележащих слоев.

Современные представления о строении и составе внутренних оболочек Земли основываются на комплексных геофизических исследованиях недр. Главным из них является сейсмический метод (от греч «сейсма» – сотрясение).

Каково же внутреннее строение Земли? По данным сейсмического зондирования, исходя из скоростей прохождения сейсмических волн, выделяют три главные сферы Земли: *земная кора, мантия, внешнее и внутреннее ядро*. И сферы отделены одна от другой поверхностями раздела, в которых резко меняются величины скоростей прохождения сейсмических волн. Разрез земного шара с указанием мощности оболочек представлен на рис. 10. Земная кора имеет толщину 5–40 км, мантия – 2900 км, внешнее ядро – 2220 км, радиус внутреннего ядра равен 1255 км.

Ученые считают, что течение расплавленного железа во внешней части ядра работает, как «динамо-машина», и является причиной существования магнитного поля Земли. Внешнее ядро обладает свойствами жидкости, а внутреннее ядро сложено твердым веществом.

Земная кора – тонкая в планетарном масштабе, но важная как источник минеральных ресурсов или полезных ископаемых (рис. 7). Земная кора в классическом варианте отождествляется с понятием литосферы, т.е. самой верхней каменной оболочкой Земли. Ее верхняя граница проводится по поверхности суши и дну морей и океанов, а нижняя – по поверхности Мохоровичича (названа в честь югославского геофизика-сейсмолога), или Мохо (рис. 7). Граница эта находится на глубинах 30–80 км в области континентов, 15–50 км в области океанов. Земная кора, располагающаяся выше границы Мохо, складывается всеми известными горными породами: магматическими, осадочными и метаморфическими. Средняя мощность земной коры – 20 км; под океанами – 10 км, а под материками – 43 км.

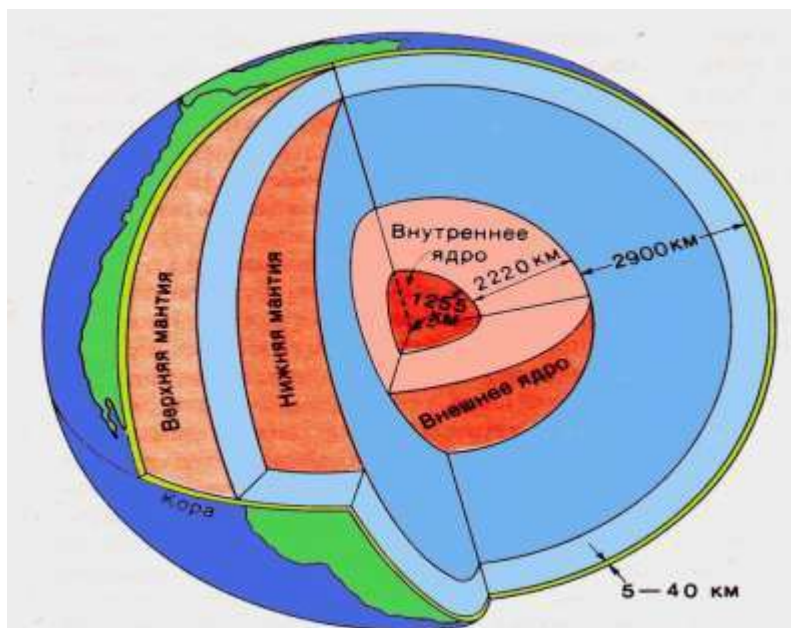


Рис. 7. Внутреннее строение Земли

По последним научным данным принято считать, что земная кора является лишь частью литосферы. Литосфера включает земную кору и самую верхнюю, наиболее упругую часть мантии мощностью около 100 км.

Литосферу непосредственно подстилает более пластичный и подвижный слой верхней мантии – *астеносфера* (от греч. «астенос» – слабый). Здесь породы, которые могут медленно течь, находятся в расплавленном состоянии. Глубин залегания астеносферы составляет около 150 км. Именно литосфера и астеносфера являются главными проявлениями тектонических процессов. Движение литосферы выражается в перемещении отдельных ее участков в вертикальном (поднятия и опускания) или горизонтальном направлении по пластичному слою мантии – астеносфере. В связи с этим получает признание новейшая геологическая теория, рассматривающая литосферу Земли как систему подвижных блоков – литосферных плит.

Земная кора в горизонтальном направлении, в свою очередь, делится на два типа: континентальная и океаническая (рис. 8 и 9). Первая состоит из трех слоев: «осадочного», «гранитного» и «базальтового». Океаническая кора рассматривается как двухслойная (без «гранитной» части) мощностью 10 км. Земная кора состоит на 95 % из изверженных пород (базальтов и гранитов), на 5 % – из осадочных пород. Наиболее важной формой химических элементов в земной коре являются минералы.



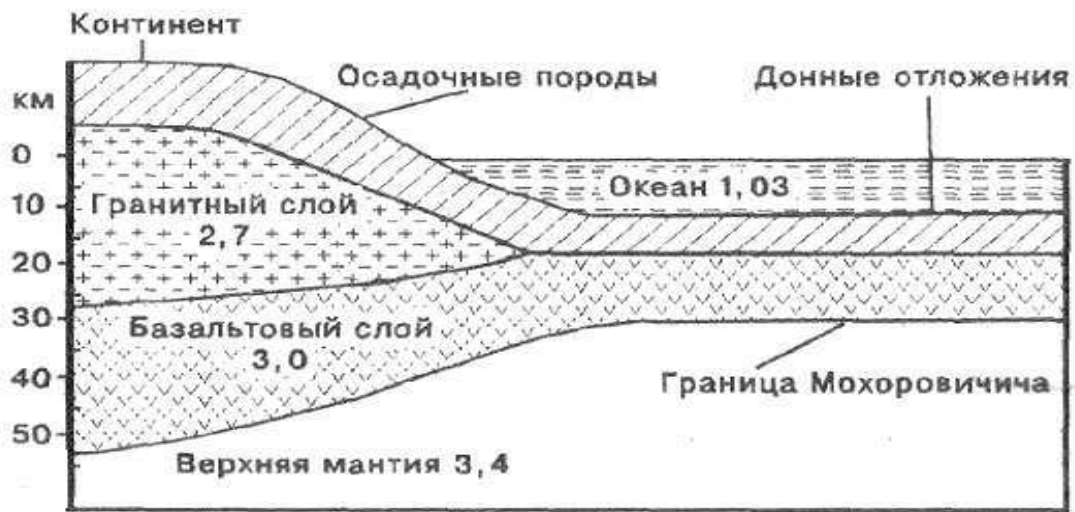


Рис. 8. Разрез (схема) земной коры (литосферы).  
 (Примечание: цифры означают среднюю плотность материала, г/см<sup>3</sup>)

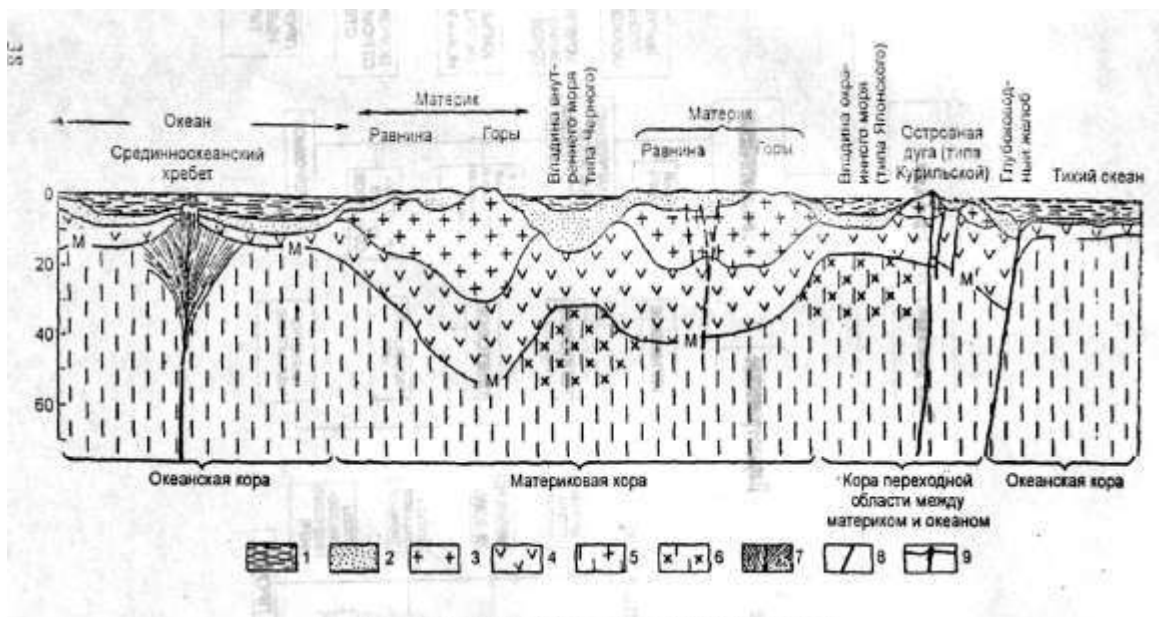


Рис. 9. Строение земной коры материков и океанов:  
 1 – вода; 2 – осадочные породы; 3 – гранитометаморфический слой; 4 – базальтовый слой; 5 – мантия Земли (М – поверхность Мохоровичича); 6 – участки мантии, сложенные породами повышенной плотности; 7 – участки мантии, сложенные породами пониженной плотности; 8 – глубинные разломы; 9 – вулканический конус и магматический канал

Накопление какого-либо элемента выше его среднего содержания ведет к образованию месторождения полезного ископаемого.

Рассмотрим химический и минералогический состав глубинного

вещества Земли – земной коры, мантии и ядра. Расслоение Земли, как и других планет земной группы, на металлическое ядро и силикатную оболочку обусловлено различиями их физических свойств (плотности и температуры плавления) силикатной и металлической фаз.

*Земная кора* непосредственно доступна для геологических наблюдений и хорошо известна. Средняя мощность земной коры – около 20 км, но под континентами она увеличивается до 37 км, под океанами составляет 6–7 км. Последние исследования геофизиков позволили выявить, что кора толще всего там, где вздымаются огромные горные хребты. Чем выше гора, тем глубже в недра уходят ее корни.

Мы знаем, что континентальная и океаническая земная кора отличаются не только по толщине, но и по составу. Континентальная часть земной коры состоит из трех слоев: осадочного, гранитного и базальтового; океаническая – из осадочного и базальтового (рис. 9).

На континентах широко распространены *осадочные, магматические и метаморфические* породы.

*Магматические* породы рассматриваются в качестве первичного вещества земной коры. Среди *магматических* пород преобладают граниты и базальты, различающиеся различным содержанием кремнезема. В современном представлении именно с формированием магматических расплавов в верхней мантии и поступлением их к поверхности связывают образование земной коры как наружной твердой оболочки. Базальты – это темно-зеленая или даже черная силикатная порода, содержащая кальций, натрий, магний и железо.

Магматические процессы продолжают и поныне, т.к. на поверхность Земли поступают летучие соединения, которые формируют земную атмосферу и гидросферу. Состав коры Венеры, Марса и Луны тот же, что и Земли. Преобладают прежде всего базальты.

*Осадочные* породы составляют не более 10 % массы всей земной коры. В осадочной толще основную массу составляют глины, глинистые сланцы, пески и песчаники. Они залегают на так называемом кристаллическом основании, сложенном приблизительно равным количеством магматических и метаморфических пород. Осадочные породы произошли в результате выветривания магматических пород на поверхности континентов.

*Метаморфические* породы произошли в результате погружения магматических пород в область повышенных температур и давлений. Среди *метаморфических* пород преобладают кристаллические сланцы и гнейсы.

Отсюда наиболее распространенные минералы в земной коре – *полевые шпаты* (граниты и базальты) и *кварц* (граниты). Совместно с глинистыми минералами (продуктами выветривания полевых шпатов) и слюдами (продуктами метаморфического изменения глинистых минералов) они составляют более 90 % всей массы земной коры. В земной коре (сильнее) распространены химические элементы, имеющие низкую температуру плавления: алюминий, кремний, натрий, калий, кальций, литий и др.

Возраст у континентальной коры превышает 3 млрд лет, у океанической – не более 150–170 млн лет.

*Мантия* представлена ультраосновными породами, главным образом перидотитом. Они обеднены кремнеземом, но обогащены железом и марганцем. Главными минералами перидотита являются оливин ( $Mg_2SiO_4$ ) и пироксен ( $CaMgSi_2O_6$ ). Это зеленоватые минералы, силикаты магния и железа. Мантия занимает до 82 % объема нашей планеты. *Ядро*. Современная оценка химического вещества ядра Земли следующая: при давлениях свыше 1,5 Мбар железо, никель и сера находятся в жидкой форме, но это только во внешней части ядра. А его внутренняя часть, как бы «желток» планеты, состоит из железоникелевого сплава и ведет себя как «твердь». Температура здесь около 10 000 °С, а давление в центре достигает 3 млн атмосфер. На внешнюю часть ядра приходится около 30 % всей массы планеты, а на внутреннюю – 1,7 % . Вывод о дифференцировании (расслоении) вещества, а также представления о формировании земной коры и атмосферы в процессе выплавления и дегазации можно считать общим принципом формирования планет земной группы.

Земные недра никогда не бывают спокойными. Под влиянием происходящих в них процессов поверхность планеты деформируется: поднимается и опускается, растягивается и сжимается, покрывается сетью трещин, создавая основу рельефа Земли.

*Тектонические движения* – это любые механические перемещения внутри земной коры, которые приводят к изменению ее строения.

Еще в 1758 г. М.В. Ломоносов в своем труде «О слоях Земли» (1763) впервые дал определение тектоническим движениям и выделил их два типа: колебательные и складчатые. «Существуют нечувствительные долговременные земной поверхности повышения и понижения и резкие быстрые трясения Земли». Примеров этому достаточно много: Скандинавское побережье поднимается, а Голландия и Германия опускаются; долина реки Рейн на 500 км прослеживается в Северном море, а полуостров Канин Нос (Белое море) во времена Ивана Грозного был островом.

В современной геологии также выделяются два основных типа тектонических движений: *эпейрогенические* (или колебательные) и *орогенические* (складчатые).

*Эпейрогенические* движения – медленные вековые поднятия и опускания земной коры, не вызывающие изменения первичного залегания пластов. Эти вертикальные движения имеют колебательный характер и обратимы, т.е. поднятие может смениться опусканием.

Колебательные, или эпейрогенические (от греч. «*эпейрос*» – континент, «*генезис*» – рождение), движения поднимают или опускают огромные участки суши и океанов. Они определяют очертания морей и континентов. Опустившаяся территория затапливается морем – происходит морская трансгрессия. Поднятие вызывает регрессию – отступление моря. Недаром они названы колебательными – крупные опускания и поднятия происходят не сразу. В одном и том же месте они неоднократно сменяют друг друга, и только через длительный промежуток времени становится ясно, какие процессы являются преобладающими на данной территории.

*Орогенические* движения происходят в двух направлениях – горизонтальном и вертикальном. Первое приводит к смятию пород и образованию складок и надвигов, т.е. к сокращению земной поверхности. Вертикальные движения приводят к поднятию области проявления складкообразования и возникновению горных сооружений.

Орогенические движения протекают значительно быстрее, чем колебательные. Они сопровождаются активным эффузивным и интрузивным магматизмом, а также метаморфизмом. В последние десятилетия эти движения объясняют столкновением крупных литосферных плит, которые перемещаются в горизонтальном направлении по астеносферному слою верхней мантии. В современной структуре Земли выделяют семь основных плит: Североамериканскую (на рис. 13 не обозначена), Южноамериканскую, Евразийскую, Африканскую, Индийско-Австралийскую, Антарктическую, Тихоокеанскую. Эти плиты, кроме Тихоокеанской, включают как континентальные, так и океанические участки (рис. 10).

Как в пределах континентов, так и под дном морей и океанов выделяются *подвижные* участки (складчатые области) и относительно *устойчивые* площади (платформы) земной коры.

К *подвижным* поясам континентов относятся молодые горные сооружения, такие как Альпы, Карпаты, Кавказ, Памир, Гималаи и т.д. В океанах подвижными поясами называют срединно-океанические хребты, а также островные дуги (Курильская, Японская) и глубоковод-

ные желоба. В их пределах зафиксированы самые глубокие области Земли, глубина которых превышает 8000 м.

Одной из форм проявления разрывных нарушений являются разломы (дизъюнктивы) в земной коре. Они распространены повсеместно, обуславливая мозаично-блоковую структуру земной коры. Длина разломов по простиранию может варьироваться в широких пределах: до 40 км – локальные, от 40 до 80 км – региональные, от 80 до 1000 км – глобальные.

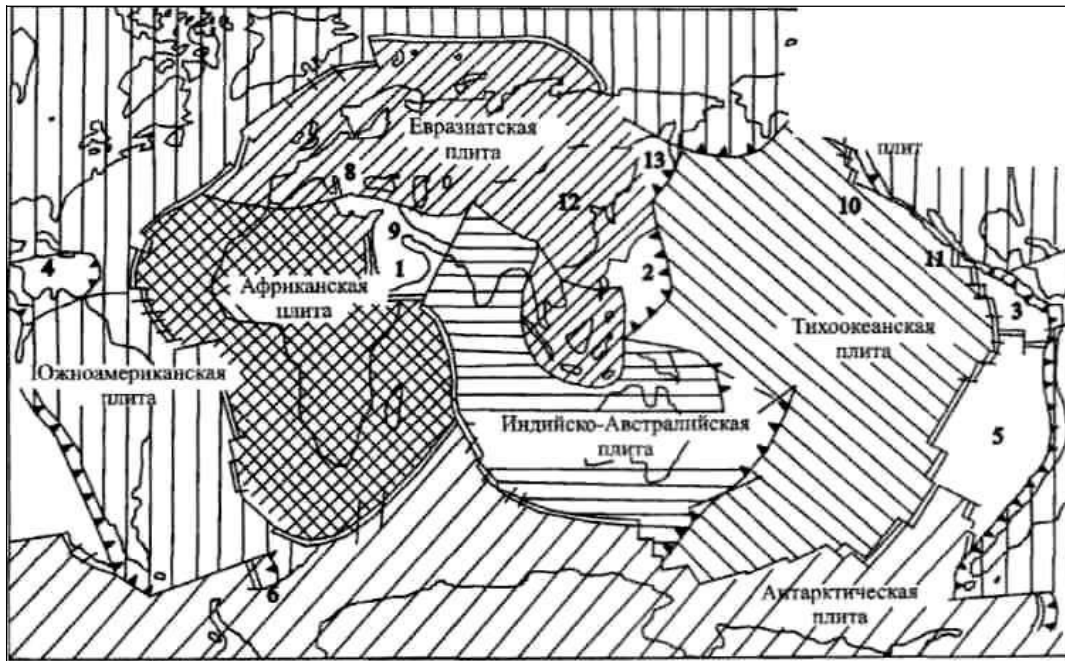


Рис. 10. Литосферные плиты Земли

На континентах к *устойчивым* областям относятся платформы – Восточно-европейская, Сибирская, Африканская, Австралийская и другие платформы.

Сложное движение плит в земной коре, их силовое взаимодействие, взаимовлияние оболочек Земли и околоземного пространства, влияние лунно-солнечных приливов (отливов) и других планетарных сил и процессов, колебание силы и направленности магнетизма и электрических полей Земли приводит к крайней нестабильности строения и поведения земной коры. Земная кора в целом как система и ее отдельные участки (массивы горных пород) находятся в предельно напряженном состоянии. Кроме этого, все тектонические процессы (землетрясения, вулканизм, сейсмичность и т.д.) связаны с полем напряжения в земной коре. Наибольшее число землетрясений наблюдается в пределах Тихоокеанского (75 %) и Альпийского (23 %) поясов.

Изучение распространения действующих вулканов показывает, что

вулканическая деятельность приурочена к тектонически активным участкам земного шара – областям современного горообразования и развития глубинных разломов (рис. 11).

Из анализа приведенной карты следует, что большая часть действующих в настоящее время вулканов (около 60 %) сосредоточена на побережье Тихого океана, в зоне так называемого *Тихоокеанского «огненного» кольца*.

Вулканы известны на Аляске и западном побережье Северной Америки, далее цепь их протягивается вдоль Тихоокеанского побережья Южной Америки до Огненной Земли. На западном побережье Тихого океана вулканы непрерывной цепочкой тянутся от Новой Зеландии через острова Фиджи, Соломоновы до Новой Гвинеи, далее через Филиппинские острова, Японию и Курильские острова на Камчатку, где сосредоточено большое количество действующих и потухших вулканов. В северной части Тихого океана известны многочисленные вулканы Алеутских островов, которые протягиваются от Камчатки к Аляске, как бы замыкая «огненное» кольцо.

Другой зоной повышенной интенсивности вулканической деятельности является *Альпийский пояс*. Эта зона прослеживается в широтном направлении от Альп через Апеннины, Кавказ до гор Малой Азии. Здесь расположены такие вулканы, как Везувий, Этна, вулканы Липарских островов и Эгейского моря, Эльбрус, Казбек, Арарат и др. (рис. 11).

Здесь характерны сжимающие горизонтальные напряжения. Горизонтальные сжатия в пределах Курильских и Японских островных дуг оценивают в 200–400 МПа. В геосинклинальных (переходных) зонах наблюдают сильные *сжатия* в тех местах, где океаническая, более тяжелая и холодная, погружается (субдуцирует) под континентальную (материковую).

Обстановки *растяжения* сосредоточены в узких рифтовых зонах (срединно-океанических хребтах) либо морских впадинах типа Японского, Эгейского морей. Участки земной коры, охваченные растяжением, не превышают 2 % общей площади земной коры. Вся остальная часть ее находится в состоянии сжатия. Всё это подчёркивает крупнейшие неоднородности структуры Земли и её важнейшую структурную асимметрию.

В горных областях наблюдается давление, вызванное весом вышележащих пород. Изучение напряженного состояния земной коры большую глубину имеет не только научное, но и практическое значение. Геодинамика также рассматривает вопросы безопасного и эффективного освоения недр и земной поверхности с учетом характера и интенсивности техногенного воздействия на массив горных пород и современного геодинамического состояния литосферы. Применение метода геодинамического районирования позволяет решать задачи резкого снижения аварийности при эксплуатации протяженных нефтегазопроводов, подземных

(шахт) и наземных сооружений, в том числе атомных станций и мест захоронения ядерных и других отходов в сейсмически активных регионах планеты. Данные о напряженном состоянии массивов горных пород важны при строительстве и эксплуатации всех горнодобывающих предприятий. Кроме этого, горные цепи, фиксирующие зоны столкновения континентальных участков плит, являются преградой на пути движения воздушных масс. Поэтому в предгорьях происходит разгрузка циклонических потоков в виде ливней. Рельеф гор обуславливает высотную зональность распределения температур и давления и, таким образом, распределяет процессы выветривания, усиливая воздушную и водную эрозионную деятельность.

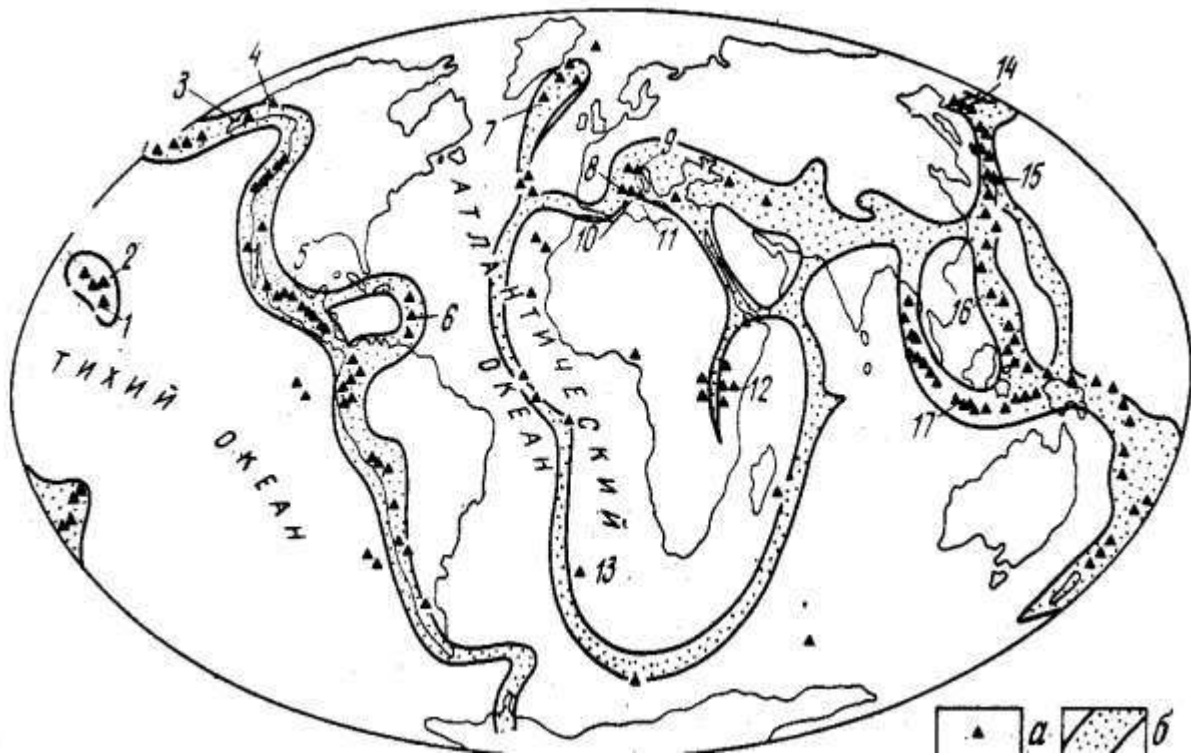


Рис. 11. Схема размещения областей активной тектонической и вулканической деятельности:  
 а – действующие вулканы; б – основные области землетрясений

Техногенная деятельность человека – строительство водохранилищ; откачка нефти, газа, воды; разработка глубоких карьеров – нарушают естественные поля напряжений и существующее динамическое равновесие в земной коре. Поэтому необходима постановка мониторинговых наблюдений за современными техногенными полями и развитием современных природных процессов и явлений.

Таким образом, земная кора, поверхность которой является основной ареной развития природных процессов, представлена системами разнородных блоков. В глобальной картине структуры Земли выступают две крупнейшие неоднородности (блока): Тихоокеанская и Альпийская, а среди основных тектонических элементов (плит) – океаны и континенты. Блоки земной коры отделены друг от друга межблоковыми зонами – разломами, зонами повышенной трещиноватости. Благодаря перемещениям блоков относительно друг друга с разной скоростью и направленностью происходит саморазвитие литосферы. Динамика литосферных плит отражена в проявлении опасных эндогенных процессов – сейсмичности, вулканизма, дегазации мантии.

Для оценки опасности речных наводнений рассмотрим важный экзогенный процесс – *деятельность поверхностных текучих вод, генезис и строение речных долин равнинных рек*. Поверхностные текущие воды являются одним из главнейших агентов разрушения (*денудации*) поверхности Земли. При этом водные потоки изменяют поверхность Земли, одновременно разрушая существующий рельеф и создавая множество новых форм. Текущие воды разрушают горные породы, перемещают обломочный материал вниз по течению и накапливают (аккумулируют) его на более низких уровнях.

Таким образом, геологическая деятельность поверхностных текучих вод складывается: 1 – из смыва; 2 – размыва (эрозии); 3 – транспортировки продуктов разрушения; 4 – аккумуляции продуктов разрушения.

Наукой, которая изучает формы земной поверхности (рельеф), является геоморфология.

Геологическая деятельность *постоянных водных потоков – рек* проявляется в следующем: реки разнообразны по протяженности. Некоторые почти от края до края пересекают континенты, достигая нескольких тысяч километров в длину (например, Миссисипи, которая вместе с Миссури считается самой длинной рекой в мире – более 7000 км), длина других – несколько сот или десятков километров.

Реки, берущие начало в высоких горах, питаются обычно водой тающих ледников и снежников; реки, зарождающиеся в зоне с умеренным климатом, как равнинные, так и горные, питаются подземными водами, атмосферными осадками и талыми снеговыми водами. В зависимости от питания находятся и режимы рек, высота *меженного* (среднего) уровня воды и *наводкового*



подъема в результате ливней или таяния снега. Питание рек зависит от сезонов года и положения реки в географической зоне. Зайков Б.Д. (1984) все многообразие режимов рек подразделил на три основные группы:

- 1) реки с весенним половодьем;
- 2) реки с половодьем в теплую часть года;
- 3) реки с паводочным (дождевым) режимом.

На территории России распространены реки с весенним половодьем, где преобладает снеговой тип питания. Реки западносибирского типа отличаются относительно невысоким и растянутым весенним половодьем, повышенным летне-осенним стоком и низкой зимней меженью, например река Васюган, впадающая в Обь. Для рек первых двух групп характерны ежегодно повторяющиеся, примерно в одни и те же сроки, большие подъемы воды и низкая водность в остальное время года.

Поверхностные воды изучает наука *гидрология*.

Работа рек заключается в размыве (эрозии), переносе и отложении материала – *аллювия*. Весь материал, который переносится реками и затем откладывается, называется аллювием (лат. «*аллювио*» – *нанос, намыв*).

В результате всех этих процессов формируется речная долина. Ее образование происходит под влиянием климатических условий, от которых зависит количество воды в реке, и тектонических движений, создающих уклоны русла и влияющих на энергию реки. Под действием *глубинной (донной) эрозии* долины углубляются, под действием *боковой* – расширяются. При этом продукты разрушения пород переносятся на различные расстояния тремя способами:

- а) *волочением или перекачиванием по дну* (самые крупные обломки); б) *в виде взвеси*;
- в) *в растворенном состоянии*.

*Влекомые по дну* обломки и взвешенные частицы называют твердым стоком реки. Обломочный материал, перемещаемый рекой по дну, усиливает глубинную эрозию, а сам постепенно измельчается, истирается и окатывается – образуются валуны, галька, гравий, песок. Размер и масса обломков, перекачиваемых по дну, пропорциональны шестой степени скорости течения. При скорости течения 0,3 м/с переносится по дну мелкий песок, а при скорости 2,0 м/с – крупная галька (до 10 см).

Количество переносимого материала *во взвешенном состоянии* определяется скоростью и турбулентностью течения. От количества взвешенного материала зависит мутность воды. Во время половодий, когда скорость и турбулентность потока резко возрастают, река переносит наибольшее количество материала в виде взвеси, главным образом глинистых частиц и песка, отчего вода становится мутной. Зимой, когда воды становится меньше, скорость течения падает, количество взвешенных частиц резко

уменьшается и вода становится прозрачной.

Значительное количество минерального вещества (до 40 %) переносится в *растворенном состоянии*. В растворенном состоянии перемещаются карбонаты Ca, Mg, Na ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{NaCO}_3$ ), кремнезем, а также легкорастворимые соли ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ).

Таким образом, аллювий может переноситься тремя способами:

- а) влекомым – тащится и перекачивается по дну русла; б) во взвешенном состоянии;
- в) в растворенном виде.

В начале формирования речной долины (молодой возраст реки) преобладает глубинная эрозия. Наиболее глубокая часть долины – *талвег* – заполняется самым грубым аллювием. Русло реки обычно спрямленное (рис.12, а), а в горных реках – часто с порогами и водопадами. В таких случаях говорят, что продольный профиль реки (профиль водной поверхности) крутой, невыработанный.

Постепенно в нижнем течении реки уклон продольного профиля становится меньше, происходит выполаживание дна долины. Начинает действовать боковая эрозия (средний возраст реки), в результате чего склоны долины подмываются, разрушаются, образующийся аллювий перекрывает плоское дно долины. На этой стадии русло обычно имеет извилистый характер, образуя излучины – *меандры* (рис.12, б).

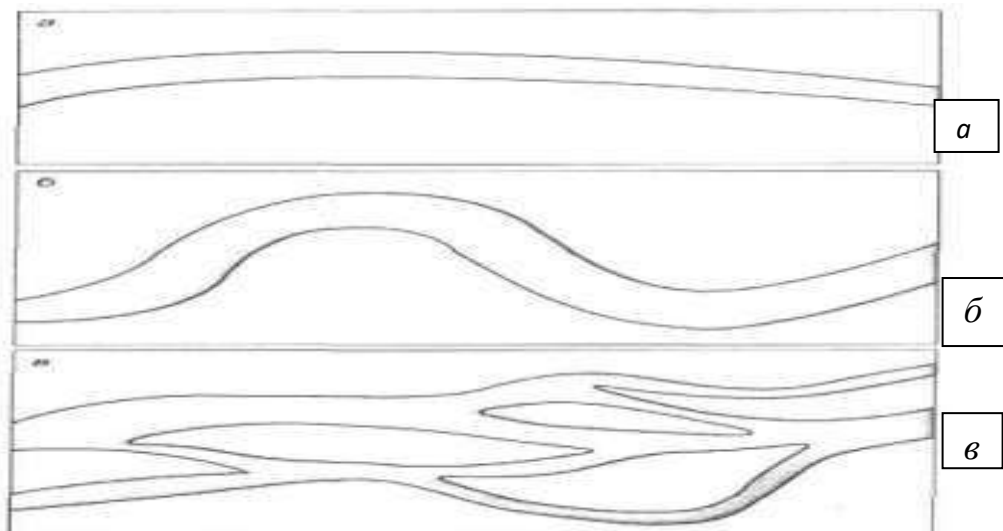


Рис. 12. Основные типы речных русел:  
а – спрямленное; б – меандрирующее; в – разветвленное

При поступлении в долину большого количества обломочного материала, что обычно происходит во время таяния снега, а в горах – ледников, начинается его аккумуляция. При этом русло разветвляется на множество рукавов или проток (рис. 12, в), из-за чего образующийся аллювий имеет различную крупность обломков. Это старый возраст реки.

Таким образом, по форме русла реки можно определить, какой процесс имеет место во всей долине или на отдельных ее участках.

Формирование поймы и террас происходит следующим образом: в долине реки, помимо ее русла, в котором образуется русловой *аллювий*, обычно выделяются *пойма и террасы*.

*Пойма* – самая низкая часть долины, заливаемая в половодье. Проследить ее формирование можно на примере меандрирующей реки (рис. 13).

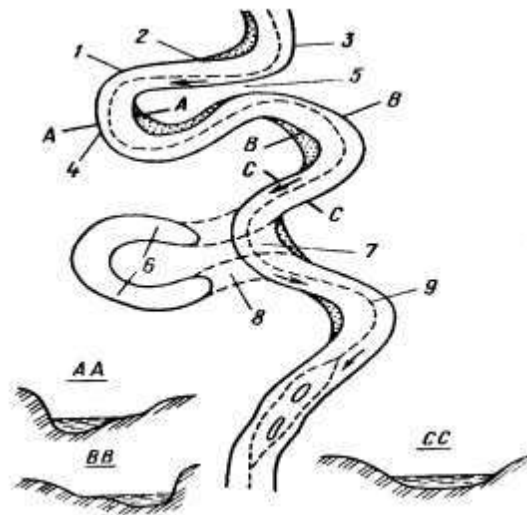


Рис. 13. Схема формирования меандра и старицы:

1 – возвышенный берег; 2 – пережат; 3 – отмель (низкий берег); 4 – плесы (обычно находится ниже максимальной кривизны); 5 – сближенные части крыльев в излучины, подверженные прорыву; 6 – прежнее русло; 7 – место прорыва между крыльями излучины; 8 – занесенная отложениями часть прежнего русла; 9 – стрежень (форватер); точками показаны отмели

Вода в реке вследствие инерции стремится двигаться прямолинейно, поэтому на поворотах струя с максимальной скоростью ударяет в вогнутый берег, разрушает его, в результате чего он становится обрывистым и постепенно отступает. Этот процесс у крупных равнинных рек может происходить с катастрофической скоростью – до 40–50 м/год, приводя к разрушению прибрежных строений. У подмываемого берега возникают наиболее глубокие

участки реки – *плесы*. Течения переносят вымываемый материал ниже по реке, откладывают его, образуя *перекаты* – наиболее мелкие участки дна. Часть материала от подмываемого берега переносится к противоположному, выпуклому берегу излучины, где он откладывается, образуя прирусловую *отмель*. Процесс подмыва вогнутых берегов и наращивания выпуклых идет на всем участке меандрирования. В результате меандры увеличиваются в размерах и постепенно смещаются вниз по течению, а долина расширяется.

Состав руслового аллювия у равнинных рек обычно гравийнопесчаный. В периоды паводков русловой аллювий перекрывается тонкими горизонтально-слоистыми супесчано-суглинистыми отложениями – *пойменным аллювием*.

На реках со слабым уклоном вершины соседних меандров могут сблизиться настолько, что узкий перешеек между ними в одно из половодий прорывается и русло реки спрямляется. Отрезанный от основного русла меандр, или излучина, превращается в старицу. В ней накапливаются тонкие илистые осадки, а затем, при постепенном ее зарастании, образуется торф.

Аллювий равнинных рек обычно представлен тремя разновидностями, или *фациями*: русловой, пойменной и старичной.

Когда в реке увеличиваются скорость течения и количество воды, что связано с понижением базиса эрозии в результате неотектонических движений, река прорезает пойму, врежется в коренные породы и формирует новую долину на более низком гипсометрическом уровне. В результате пойма оказывается прорезанной и уже не заливается водой. Она превратилась в *террасу*.

Терраса – это выровненная площадка в долине реки, созданная деятельностью водного потока, представляющая бывшую пойму (рис. 14 и 15). Формирование террас свидетельствует о циклическом развитии речных долин, связанном с проявлениями новейших тектонических движений, также с циклическими изменениями климата. Основных – *цикловых* – террас в долинах рек насчитывается от двух до шести.

В зависимости от того, на какую глубину река врежется в пойму при превращении ее в террасу, выделяются:

- *аккумулятивные террасы* (террасы накопления), сложенные аллювием;
- *эрозионно-аккумулятивные террасы* (смешанные), сложенные в верхней части аллювием, а в нижней части уступа выходят коренные породы, или цоколь;
- *эрозионные террасы* (террасы размыва), выработанные в коренных породах и лишенные аллювия.

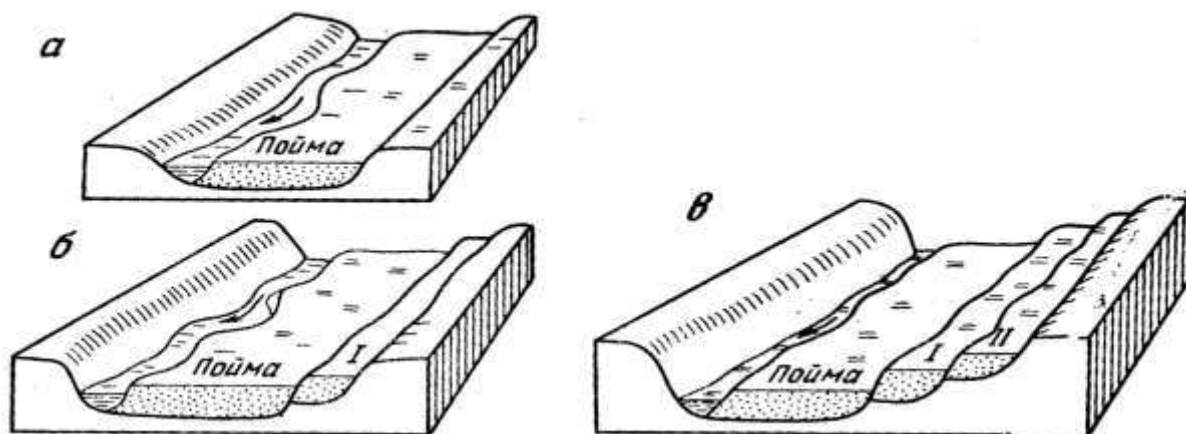


Рис. 14. Образование надпойменных террас при омоложении реки: *a* – образование поймы; *б* – первый цикл эрозии; *в* – второе омоложение; I, II – надпойменные террасы реки

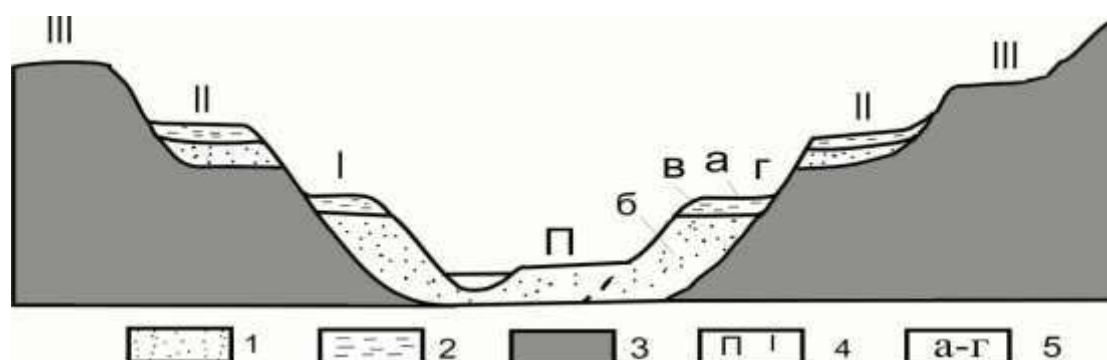


Рис. 15. Схема строения речной долины, в которой развиты пойма и речные террасы:

*I* – русловой аллювий; *2* – пойменный аллювий; *3* – коренные породы; *4* – формы рельефа: пойма (II), терраса, ее номер и тип: *1* – аккумулятивная, II – эрозионноаккумулятивная, III – эрозионная; *5* – элементы строения террас: *a* – площадка, *б* – уступ, *в* – бровка, *г* – тыловой шов

Речные долины редко имеют симметричное строение, при котором пойма и террасы одинаково развиты на обоих берегах. Еще М.В. Ломоносов писал: «У знатных рек одна сторона нагорная, другая – луговая, т.е. одна состоит из берегов крутых и высоких, другая – из низких и песчаных, а, следовательно, оные реки с одной стороны приглубы, с другой – отмелы».

Эта асимметрия долин может быть объяснена влиянием планетарных причин, в частности вращением Земли. В результате у рек, текущих в

меридиональном направлении, в Северном полушарии подмываются и становятся более крутыми правые берега, а у рек Южного полушария более крутые левые берега. Подтверждением этого правила, названного законом Бэра-Бабины, служат долины многих крупных рек: Волги, Дона, Днепра, Енисея, Томи и др.

Речные долины являются тонким индикатором тектонических движений, приводящих к поднятиям и опусканиям земной поверхности. Изменения уклонов поверхности, вызываемые этими движениями, приводят к изменениям скоростей водных потоков и их энергии, что немедленно отражается на динамике русловых процессов, строении поймы и террас, мощности и составе отложений.

В устьевых частях некоторых рек у впадения их в море или озеро возникают своеобразные конусы выноса – дельты. Дельта в плане имеет форму треугольника, одной вершиной вдающегося в долину. В дельте происходит ветвление русла на ряд протоков и рукавов, веером расходящихся от его вершины и самостоятельно впадающих в море или озеро. Между протоками располагаются многочисленные острова. На формирование дельты и слагающих ее осадков оказывают большое влияние морские приливы и отливы, а также сгонно-нагонные изменения уровня воды, обусловленные ветром. Так, ветры, дующие навстречу течению реки, приводят к его замедлению, поднятию уровня и выходу реки из берегов. Примером этого служит р. Нева, от периодических наводнений которой страдал Санкт-Петербург до того, как построили защитную дамбу. Общая мощность дельтовых отложений у разных рек различна, наибольшая (до 600 м) – у североамериканской р. Миссисипи, впадающей в Мексиканский залив.

На морских побережьях, испытывающих тектонические опускания, устьевые части рек иногда затоплены морем и превращены в заливы, глубоко вдающиеся в долины рек. На северных побережьях морей, где действуют приливы и отливы, они называются *эстуариями*. На северном побережье Сибири их называют *губами* (Обская губа, Енисейская губа). Там же, где нет приливов и отливов, образуются широкие, менее глубокие заливы – *лиманы*.

Русла многих современных рек имеют свои продолжения на окраинах материков – *шельфах* (например, рек Обь и Енисей).

### **3.2. Строение и динамика гидросферы Земли**

Наблюдения со спутников, расширение сети приземных и наземных наблюдений на суше, многочисленные экспедиции на научноисследовательских судах (более 1100 рейсов) в разные районы Мирового океана существенно расширили сведения о гидросфере Земли.

Земля является единственной планетой солнечной системы, обладающей водной оболочкой.

*Гидросфера* (от греч. *hydor* – вода и *sphaira* – шар) – это непрерывная водная оболочка или все природные воды Земли в жидком, твёрдом, газообразном, химически и биологически связанном состояниях, объединенные глобальным круговоротом вещества и энергии. Гидросфера включает следующие виды вод: (в скобках – доля от общего объема вод в гидросфере, %, М.И. Львович, 1974):

- Мировой океан [94,0].
- Подземные воды [4,3].
- Ледники [1,7].
- Воды суши (озера, речные воды, почвенная влага) [0.03].
- Пары атмосферы [0.001].

Как видим, подавляющая часть гидросферы приходится на Мировой океан, затем идут подземные воды и ледники. На долю поверхностных вод приходится малый объем, но исключительная их активность (меняется в среднем каждые 11–17 дней), служит началом формирования всех источников пресных вод на суше.

Гидросфера – самая тонкая оболочка нашей планеты Земля, она составляет лишь  $10^{-3}$  % общей массы планеты. На Земле содержится 1,5 млрд км<sup>3</sup> воды, т.е. на каждого человека приходится около 250 млн т, но 94 % этого объема составляют соленые воды Мирового океана. Лишь 2 % от всего объема гидросферы составляют пресные воды, основная масса их в твёрдом состоянии сосредоточена в ледниках. Так что воды, которую может потреблять человек и другие живые организмы на нашей планете не так уж много. Вода входит в состав живого вещества как обязательный компонент (70–99 %): по сути, живое вещество – это водный раствор «живых» молекул. Именно вода обеспечивает их жизнедеятельность.

Мы знаем, что земная жизнь зародилась в водной среде, и поэтому ее можно считать производной воды. Гидросфера уже 4 млрд лет назад была представлена следующими тремя составляющими: *наземной (мировой океан, речные, почвенные, озерные воды, ледники), подземной (воды литосферы), воздушной (парообразная вода атмосферы)*. С общеэкологических позиций важно понять, что именно эволюцией гидросферы планеты определились в прошлом условия развития органического мира на Земле, состоянием гидросферы они определяются в настоящем и будут определяться в будущем. Поэтому на Земле зародилась и сохранилась жизнь – живая материя. Развитие всего органического мира связано с эволюцией водной оболочки Земли.

Гидросфера простирается от верхней границы распространения воды в атмосфере до нижней границы залегания подземных вод в литосфере. Если

посмотреть на глобус, то наша Земля представляет своеобразную каплю воды, из которой выступают небольшие участки «тверди земной». Это потому, что 2/3 поверхности Земли занимают океаны. Но и в твердой оболочке Земли – литосфере – имеются целые подземные «морья», пропитывающие горные породы. Это подземные воды.

Гидросфера вообще и Мировой океан в особенности играют важнейшую роль в перераспределении тепла на земной поверхности. Океан, имея температуру поверхности слоя в среднем более высокую, чем атмосфера (приблизительно на 3 °С), играет важную роль в теплообмене и обогревает атмосферу. По некоторым расчетам – в океане содержится тепла в 21 раз больше, чем в атмосфере. Существенное влияние на формирование циклонических обстановок на Земле и определяющих не только погодные, но и климатические условия, оказывает наличие тёплых и холодных течений в Мировом океане.

«Всюдность» (по выражению В. И. Вернадского) является одним из самых удивительных свойств воды. Вода присутствует во всей биосфере. В монографии «История природных вод» Вернадский В.И. пишет:

*«Вода охватывает, проникает насквозь – как пар, как пленчатая губка – всю земную кору. Где бы мы ни стали бурить, мы встретим воду в капиллярно-жидких массах».* Таким образом, нет на Земле уголка, где бы вода не находилась в той или иной форме; до глубины 30 км – в жидкой, а далее в плазменной форме (ионизированного газа, в котором концентрация положительных и отрицательных зарядов равны).

Итак, *первое* свойство гидросферы – *единство и «всюдность»* природных вод. Все воды связаны между собой и представляют единое целое. Такое единство природных вод определяется следующим:

а) легким переходом воды из одного фазового состояния в другое. В пределах земных температур известно три состояния: жидкое, твердое, парообразное. Плазменное состояние воды существует при высоких температурах и давлениях в глубоких частях недр;

б) единым генезисом воды на Земле (мантийным – результат дегазации магмы);

в) постоянным присутствием в воде газовых компонентов. Природная вода – это есть водный раствор (газ, взвешенные твердые частицы, минеральные вещества).

*Второе* фундаментальное свойство гидросферы определяется *особым строением молекулы воды*. Она состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода. Но распределение электронов и протонов в молекуле таково, что оно представляет собой электрический диполь с четырьмя водородными связями. Водородные связи определяют бесконечное множество структур молекулярных агрегатов и необычные свойства воды.



На молекулярном уровне изучение воды только началось. Но сегодня очевидно, что *строение и свойства воды обеспечивают наиболее благоприятные условия* для развития жизни на Земле. Из физики мы знаем, что все тела при нагревании расширяются, а при охлаждении сжимаются. Вода ведет себя иначе. В то время как у всех жидкостей при понижении температуры объем уменьшается непрерывно, у пресной воды он уменьшается лишь до + 4 °С, а затем увеличивается. Таким образом, + 4 °С – это температура наибольшей плотности пресной воды. Все жидкости при замерзании уменьшают свой объем, а вода увеличивает. Если бы при превращении в лед (охлаждении) она сжималась, лед бы был тяжелее воды и тонул на дно рек и озер. Реки были бы заморожены до дна, и жизнь в этих водоемах была бы невозможна. Лед – изолятор, который предохраняет от замерзания воду подо льдом, что защищает всю подводную жизнь. Если бы не было этого свойства, то Земля превратилась бы в закованную льдом планету. Если бы, например, объем воды при замерзании не увеличивался, а уменьшался, как у других жидкостей, то лед погружался бы на дно водоемов. Ясно, что в высоких широтах земного шара, где большую часть года господствуют отрицательные температуры, все водоемы сравнительно быстро промерзли бы до дна. Оледенение приполярных районов постепенно распространилось бы на умеренные, а затем и низкие широты. Земля уже не смогла бы освободиться от оледенения. Между тем благодаря удивительным свойствам воды даже в Северном Ледовитом океане толщина ледяного покрова не превышает 2–3 м. Особое строение молекулы воды обеспечивает *многообразие структуры* ее при изменении внешних факторов (температуры, давления, химического состава). Нам зимой приходилось наблюдать многообразие и красоту ледяных узоров на окнах, снежинку, иней на деревьях. Как нет абсолютно одинаковых двух капель воды, так нет двух типов воды, одинаковой по структуре.

*Третье* фундаментальное свойство гидросферы выражается в *геологически вечной подвижности ее*. Движение воды весьма многообразно и проявляется в многочисленных круговоротах. Главное движение воды – геологический круговорот веществ. Почему происходит движение? Движение может происходить: а) под действием силы тяжести; б) солнечной (тепловой) энергии; в) молекулярного движения при смене фазового состояния.

*Четвертое* фундаментальное свойство гидросферы определяется высокой *химической активностью воды*. В условиях земной коры нет природных тел, которые в той или иной мере не растворялись бы в природных водах. Но вода в биосфере выступает в роли универсального растворителя, ибо, взаимодействуя со всеми веществами, как правило, не вступает с ними в химические реакции. Это обеспечивает обмен веществ

между сушей и океаном, организмами и окружающей средой.

Вода – фильтр атмосферы. Вулканы на протяжении всех геологических эпох выбрасывали в атмосферу Земли ядовитые газы и пыль. Если бы всё это оставалось в воздухе, ни один бы луч Солнца не смог сегодня проникнуть сквозь плотную черную мглу, окутавшую планету. Однако сколько лет действуют вулканы, столько же лет «низвергаются» на Землю дожди. Пронизывая воздушную оболочку планеты, капли воды захватывают пыль и растворяют в себе ядовитые газы.

Вода – аккумулятор тепла. Ни одно вещество не поглощает столько тепла, сколько вода. Теплоемкость воды в 10 раз больше теплоемкости стали и в 30 раз больше теплоемкости ртути. Во всех своих трех состояниях вода – отличное средство для передачи тепла. Это обстоятельство не только создает на Земле условия для жизни, но и саму жизнь.

Очень важное свойство воды – способность изменять свои физикохимические свойства под воздействием магнитного поля. Не следует упускать из вида, что растительный и животный мир – все это, по сути, водные растворы, которые в связи с этим тоже реагируют на воздействие магнитного поля.

Трудно себе представить, что было бы на Земле, если бы вода не обладала такими уникальными свойствами.

Основная особенность гидросферы – круговорот воды на земном шаре. Он создает основной механизм перераспределения на Земле вещества и энергии. В круговороте воды на земном шаре проявляются единство природных вод Земли и их связь с атмосферой, литосферой, биосферой.

Физической причиной круговорота воды на Земле служат солнечная энергия и сила тяжести. Солнечная энергия сначала нагревает, а затем испаряет воды: на поверхности суши на испарение затрачивается около 54 % поступившей энергии, а на поверхности океана – 90 %. Неравномерное распределение по земному шару солнечной энергии вызывает воздушные потоки-ветры. Они переносят испарившуюся влагу, создают ветровые течения, а также приводят к возникновению плотностных течений воды в океане. Сила тяжести вынуждает сконденсировавшуюся в атмосфере при благоприятных условиях влагу выпадать в виде атмосферных осадков, а накопившуюся в почве воду стекать сначала к дренирующим местностям рек, а по ним – в океаны. Несмотря на колоссальные различия размеров «деталей» и «скоростей движения» этой гигантской машины, все звенья ее настолько хорошо подогнаны друг к другу, что количество воды в каждой из частей от года к году остается примерно постоянным. В круговороте воды на земном шаре проявляются закономерности сохранения вещества и энергии, водного и теплового балансов.

В глобальном круговороте воды (рис. 16) выделяют два звена:

1) *океаническое звено (А)*, представляющее собой многократно повторяющийся цикл: испарение с поверхности океана – перенос водяного пара над океаном – осадки на поверхность океана – океанические течения – испарение и т.д.;

2) *материковое звено (Б)*, также представляющее собой многократно повторяющийся цикл: испарение с поверхности суши – перенос водяного пара – осадки на поверхность суши – поверхностный и подземный сток – испарение и т.д.

Оба звена связаны между собой переносом водяного пара с океана на сушу и, наоборот, поверхностным и подземным стоком с суши в океан. С поверхности Мирового океана ежегодно испаряется в среднем 505 тыс. км<sup>3</sup> воды. В океан в виде атмосферных осадков возвращается 458 тыс. км<sup>3</sup>. Это так называемый малый круговорот воды. Разность в 47 тыс. км<sup>3</sup> составляют воды, которые переносятся с океана на сушу в виде водяного пара.

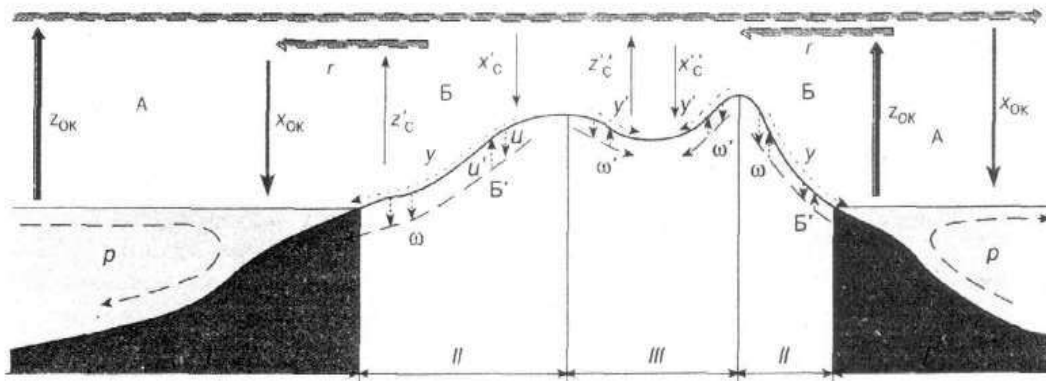


Рис. 16. Схема глобального круговорота воды

Условные обозначения: А – океаническое звено; Б, Б' – материковое звено с поверхностной (Б) и подземной (Б') частями: I – океан (z<sub>ок</sub> – испарение, x<sub>ок</sub> – осадки); II – область внешнего стока суши (z<sub>с</sub> – испарение, x<sub>с</sub> – осадки, y – поверхностный, ω – подземный сток); III – область внутреннего стока суши (z<sub>с''</sub> – испарение, x<sub>с''</sub> – осадки, y' – поверхностный, ω' – подземный сток); r – перенос влаги в атмосфере; ρ – океанические течения; u и u' – инфильтрация, подъем и испарение вод в грунтах (по В. Н. Михайлову, 1991).

На поверхность суши ежегодно выпадает в среднем 119 тыс. км<sup>3</sup> атмосферных осадков. Они состоят из воды, испарившейся с поверхности суши (72 тыс. км<sup>3</sup>), и влаги, принесенной с океанов. Уносимая с океана влага возвращается в него с равным ей по количеству воды материковым стоком (47 тыс. км<sup>3</sup>). Материковый годовой сток состоит из поверхностного (44,7 тыс. км<sup>3</sup>) и подземного, не дренируемого реками (2,2 тыс. км<sup>3</sup>). Поверхностный сток, в свою очередь, включает водный сток рек, впадающих в океан (41,7

тыс. км<sup>3</sup> в год), и ледниковый сток (3,0 тыс. км<sup>3</sup> в год). Последний представляет собой разгрузку покровных ледников в виде откалывающихся от него айсбергов и поступление непосредственно в океан талой воды из покровных ледников. Наибольшую часть ледникового стока дает Антарктида. Небольшая часть воды из объема, участвующего в круговороте (около 9 тыс. км<sup>3</sup> в год), совершает круговорот в пределах бессточных областей.

Особенностью влагообмена бессточных областей с Мировым океаном является то, что вода из них попадает в океан не путем непосредственного стока, а вследствие переноса ее в парообразном виде воздушными потоками. Осадки на любом участке суши складываются из «внешних», сконденсировавшихся из водяного пара, принесенного извне, и «внутренних» (или местных) осадков, сконденсировавшихся из влаги, испарившейся с поверхности конкретного участка суши. Этот сложный, многократно повторяющийся процесс называется внутриматериковым влагооборотом. Для относительно больших территорий «внутренние» осадки, сток и испарение невелики по сравнению со всем количеством воды, которое переносится воздухом над данной территорией в течение года в результате глобального круговорота.

Таким образом, каждую секунду под влиянием солнечного тепла миллионы кубических метров воды поднимаются вверх и образуют облака. Ветер приводит облака в движение. При подходящих условиях влага выпадает в виде дождя или снега. Дождевые капли имеют благоприятную величину и падают тихо, мягко. Случайны ли все благоприятные для жизни совпадения? Так вода участвует в своеобразных круговоротах вещества и энергии. Эта система установилась на Земле с появлением свободной воды и продолжается по сей день.

Во время своего пути по суше вода растворяет различные соли, захватывает мелкие, а иногда и крупные частички и выносит все это в Мировой океан. Возможно поэтому вода морей и океанов соленая. Морская вода содержит около 50 химических элементов. Средняя соленость океанической воды – 35 г на 1 л (3,5 %). Общее количество растворенных в воде солей оценивается в  $4,5 \cdot 10^{15}$  т. При этом засоления не происходит вследствие постоянного осаждения солей на дно бассейна. Здесь важную роль играют организмы, концентрирующие соли даже в пресных водах, а после отмирания, накапливающиеся на дне. Благодаря наличию растворенных солей вода Мирового океана явилась той питательной средой, в которой возникла и развивалась органическая жизнь.

Наличие тёплых и холодных течений в Мировом океане существенно влияет на формирование циклонических обстановок на Земле. Течения существуют как у поверхности, так и на глубине. Именно за счёт них происходит ускоренный водообмен в океанах. Наиболее крупными являются

экваториальные течения, перемещающиеся в западном направлении: Гольфстрим и грандиозное круговращение воды в Северной Атлантике. Такие же течения образуются в южной Атлантике и Тихом океане. Главный эффект поверхностных течений заключается в воздействии на климат.

Таким образом, литосфера и гидросфера – взаимосвязанные оболочки Земли, которые играют важнейшую роль в формировании природных процессов на ее поверхности и в верхних слоях литосферы. Они служат регулятором поступления и распределения солнечной радиации, воды и воздуха, необходимые для нормального жизнеобеспечения человека и существования биосферы в целом.

### 3.3. Строение и динамика атмосферы Земли

*Атмосфера* – это газовая оболочка нашей планеты с содержащимися в ней аэрозольными частицами. Газовая оболочка движется вместе с Землей в мировом пространстве как единое целое и одновременно принимает участие во вращении Земли.

Изучением атмосферы занимаются науки *климатология* и *метеорология*. Полеты спутников Земли на высотах в несколько тысяч километров, наблюдения с помощью ракет и космических станций типа «Венера» и других, которые неоднократно пронизывали атмосферу и выходили в межпланетное пространство, позволили в последние годы существенно уточнить сведения о составе и структуре атмосферы, ее динамике.

Воздушная оболочка Земли возникла в результате выделения газов при вулканических извержениях, т.е. тогда, когда планету потрясали природные катаклизмы. Жизнь на Земле возможна до тех пор, пока существует земная атмосфера, состоящая в естественном состоянии до высоты 106 км из *азота* – (объемная доля 78 %), *кислорода* (21 %) и других газов (*аргона, углекислого газа, гелия, метана, озона*) – 1 %. Таким образом, атмосфера состоит из смеси газов, называемой воздухом. Атмосферный воздух у земной поверхности до высоты 3000 м, как правило, влажный. Важной составной частью атмосферы является водяной пар, хотя на его долю приходится только 3 % её объёма. Влажность воздуха – один из факторов, объясняющих меньшую величину суточных и сезонных колебаний температуры в тропиках по сравнению с очень сильными колебаниями температуры в пустынях. Кроме этого, в атмосфере содержатся мириады микроскопических твердых частиц (сажа, песок, морская соль, пепел вулканов, метеоритов и т.д.). Состояние атмосферы может меняться при изменении содержания пыли и газа.

Современная атмосфера и ее состав – продукт живого вещества биосферы. Живое вещество способствовало превращению ее из углекислометановой (архей, протерозой, кембрий, ордовик, силур) в

азотнокислородную. До высоты 106 км этот химический состав атмосферы не меняется. Относительно постоянный состав воздуха поддерживается непрерывно идущим процессом – использование газов живыми организмами и выделение их в атмосферу. Естественные процессы потребления газов и их поступление в атмосферу сбалансированы.

Но в настоящее время в атмосферу поступает большое количество техногенных газов, которых не было в ее составе (промышленный дым, окись углерода, сернистый газ и другие загрязнители).

Известны три экологические проблемы, связанные с загрязнением атмосферы: «парниковый эффект», «кислотные дожди», «озоновые дыры».

Особенно большое значение имеет изменение содержания углекислого газа. В результате сжигания огромных количеств ископаемого органического топлива с середины XIX в. глобальное содержание  $\text{CO}_2$  к концу XX в. увеличилось примерно на 12–15 %. Некоторые ученые считают, что увеличение содержания углекислого газа может привести к потеплению климата на Земле – *парниковому эффекту*. Например, соединения серной, азотной кислот являются причиной выпадения так называемых *кислотных дождей* ( $\text{pH} = 3-5$ ), оказывающих губительное действие на все живое на Земле. Все примеси в наибольших количествах содержатся в нижних слоях атмосферы.

Важнейшую же роль в регулировании поступления солнечной радиации на Землю играет природный озон. Озон  $\text{O}_3$  (трехатомный кислород) образуется в слоях на высотах 14–25 км и, поглощая солнечную ультрафиолетовую радиацию с длинами волн от 0,15 до 0,29 мкм, защищает живые организмы на Земле от ее вредного и даже губительного действия. В последние годы появилось опасение, что выбросы в атмосферу различных химических веществ антропогенного происхождения, в особенности фреонов и оксидов азота, вместе с выбросами стратосферной авиации могут привести к разрушению слоя озона, т.е. образованию *озоновых дыр*, а это будет иметь пагубные биологические последствия.

Каковы функции атмосферы относительно Земли?

1. Атмосфера защищает живые организмы от вредного воздействия космических ультрафиолетовых лучей, от метеоритного воздействия и резких колебаний температур.

2. Атмосфера обеспечивает человека, животных и растительность мира земли жизненно необходимыми газовыми элементами, в частности кислородом. Ресурс атмосферного кислорода очень велик (объем атмосферы около  $4 \cdot 10^{12}$  км<sup>3</sup>) и возобновим. Но чувствительность живых организмов даже к небольшим изменениям состава воздуха в результате его загрязнения заставляет рассматривать загрязнение атмосферы как существенное изъятие важнейшего природного ресурса.

Сколько весит воздух? На плечи каждого из нас давит в среднем 1 т воздуха, но мы не ощущаем, поскольку воздух оказывает на нас давление со всех сторон. На уровне моря нормальное давление воздуха приблизительно составляет  $1 \text{ кг/см}^2$ . Вся гигантская масса воздуха у нас над головой весит  $5 \cdot 10^{15}$  тонн, но это в 266 раз меньше, чем масса воды на Земле, и составляет лишь миллионную долю всей массы Земли. Однако чем *выше*, тем атмосферное давление становится *меньше*. Так, на уровне 3500 м оно падает уже до  $700 \text{ г/см}^2$ , а на вершине Эвереста (8848 м) – до  $315 \text{ г/см}^2$ . Воздух там так разряжен, что альпинисты берут с собой запас кислорода.

Почему небо голубое? Цвет неба обусловлен оптическими свойствами молекул газов, из которых состоит атмосферный воздух. Свет Солнца представляет собой смесь всех цветов радуги. Каждый цвет имеет определенную длину волны. Наибольшей длиной волны обладает излучение в красном и желтом диапазоне, а наименьшей – в синефиолетовом. Небо имеет голубой цвет, т. к. молекулы газа сильнее отклоняют короткие световые волны, рассеивающиеся во все стороны. А вот взвешенные в атмосфере капельки воды рассеивают любые лучи одинаково, как бы смешивая все цвета. Поэтому облака выглядят белыми или серыми. Если голубая, рассеянная радиация теряется прежде, чем свет достигнет наблюдателя (обычно в утренние и вечерние часы, когда солнечные лучи проходят большую толщу атмосферы), то Солнце кажется красным диском.

Атмосфера весьма четко расслаивается на концентрические сферы, отличающиеся друг от друга по своим характеристикам. По составу воздуха в атмосфере выделяется *гомосфера* – нижний слой воздуха толщиной 100 км, в котором в результате постоянного движения и перемешивания атмосферные газы не расслаиваются по плотности. Выше 100 км начинается расслоение газов по плотности, и оно постепенно увеличивается с высотой: в слое от 100 до 200 км преобладающим газом атмосферы является *азот*, а выше 1000 км атмосфера состоит главным образом из гелия и водорода. Вся внешняя часть атмосферы (выше 100 км) носит название *гетеросферы*.

Толщина атмосферы равна приблизительно 2 тыс. км, хотя ее верхняя граница как таковая отсутствует.

По характеру распределения температуры по высоте (рис. 17) атмосфера неоднородна и делится на 4 сферы: *тропосферу*, *стратосферу*, *мезосферу*, *термосферу*.

1. *Тропосферой* называется нижний слой атмосферы, в котором

температура убывает с высотой (от +14 °С на уровне моря до –55 °С на верхней границы тропосферы). В среднем величина падения температуры с высотой равна 0,60 °С на 100 м. Этот слой атмосферы нагревается снизу от Земли, которая, в свою очередь, нагревается солнечными лучами. Средняя толщина тропосферы – примерно 15 км. Здесь зарождается большинство бурь и ураганов, а циркуляция воздуха постоянно приводит в движение облака. Облака обычно закрывают около половины поверхности Земли. Самый нижний слой тропосферы (50–100 м), непосредственно примыкающий к земной поверхности, носит название *приземного слоя*. В верхней части тропосферы существует слой с постоянной низкой температурой – *тропопауза*. В тропиках толщина этого слоя – 14–16 км, на полюсе тоньше – 8–10 км.

2. Выше тропосферы до высоты 50–53 км лежит *стратосфера* (*второй слой*), характеризующаяся тем, что температура в ней в основном растет с высотой. Средняя толщина стратосферы – около 40 км. Наиболее интенсивный рост температуры наблюдается с 36 до 50 км, где расположена верхняя граница стратосферы, называемая *стратопоузой*. Здесь стратосфера почти такая же теплая, как воздух у поверхности Земли. Это защитная сфера Земли, т.к. она экранирует Землю от волновой радиации. В этом интервале находится максимальная концентрация трёхатомного кислорода. Рост температуры связан с поглощением солнечной радиации (ультрафиолетовых лучей в диапазоне 220–290 нм) озоном. Водяного пара в стратосфере ничтожно мало. Однако на высотах 22–24 км в высоких широтах иногда наблюдаются очень тонкие, так называемые перламутровые, облака, состоящие из переохлажденных капель воды. Здесь царит почти полное затишье, поэтому в стратосфере летают реактивные самолеты, избегая турбулентных потоков нижнего слоя.

3. Над стратосферой лежит третий слой – холодная *мезосфера*. Она простирается до высоты примерно 80–82 км. Ее мощность – около 30 км. В мезосфере температура снова понижается с высотой, доходя иногда до –80 °С в ее верхней части. Вследствие быстрого падения температуры с высотой в мезосфере сильно развита турбулентность. Здесь происходит сгорание метеорных частиц. В верхней части мезосферы образуются так называемые серебристые облака, по-видимому, состоящие из кристаллов воды. Верхней границей мезосферы является переходный слой, называемый мезопаузой, лежащий на высоте около 82 км. Здесь давление воздуха примерно в 100 раз меньше, чем у земной поверхности.

Таким образом, в тропосфере, стратосфере и мезосфере, вместе взятых, до высоты 80 км заключено более 99,5 % всей массы атмосферы.

Верхняя часть атмосферы, которая простирается над мезосферой, называется *термосферой*. В термосфере температура очень резко возрастает



с высотой. В годы активного Солнца она превышает 1500 °С на высоте 200–250 км. На больших высотах дальнейший рост температуры с высотой уже не наблюдается. Только в областях ярких полярных сияний температура повышается до 3000 °С. Часть термосферы на высоте 1000 км и более называется *ионосферой*, т. к. воздух здесь сильно ионизирован: в нем содержится атомарный кислород. В области ионосферы текут интенсивные электрические токи, составляющие десятки тысяч ампер. Эти токи регистрируются на Земле как изменение геомагнитного поля. Ионосфера – самая плотная плазменная оболочка Земли, где повышается аэродинамическое сопротивление движению спутников и пилотируемых кораблей. Магнитные бури в высоких широтах могут полностью блокировать радиозфир в течение нескольких суток. Кроме этого, магнитные бури по закону электромагнитной индукции генерируют вторичные электрические токи в проводящих слоях литосферы Земли, в солёной воде, искусственных проводниках с низким сопротивлением (линиях связи и низковольтных электропередач, трубопроводах, рельсах железных дорог). Добавку постоянного тока часто не выносят трансформаторы переменного тока, что приводит к сильному поглощению энергии, перегреву обмоток и аварии всей системы. По этой причине в 1989 г. половина Канады на несколько часов осталось без электричества.

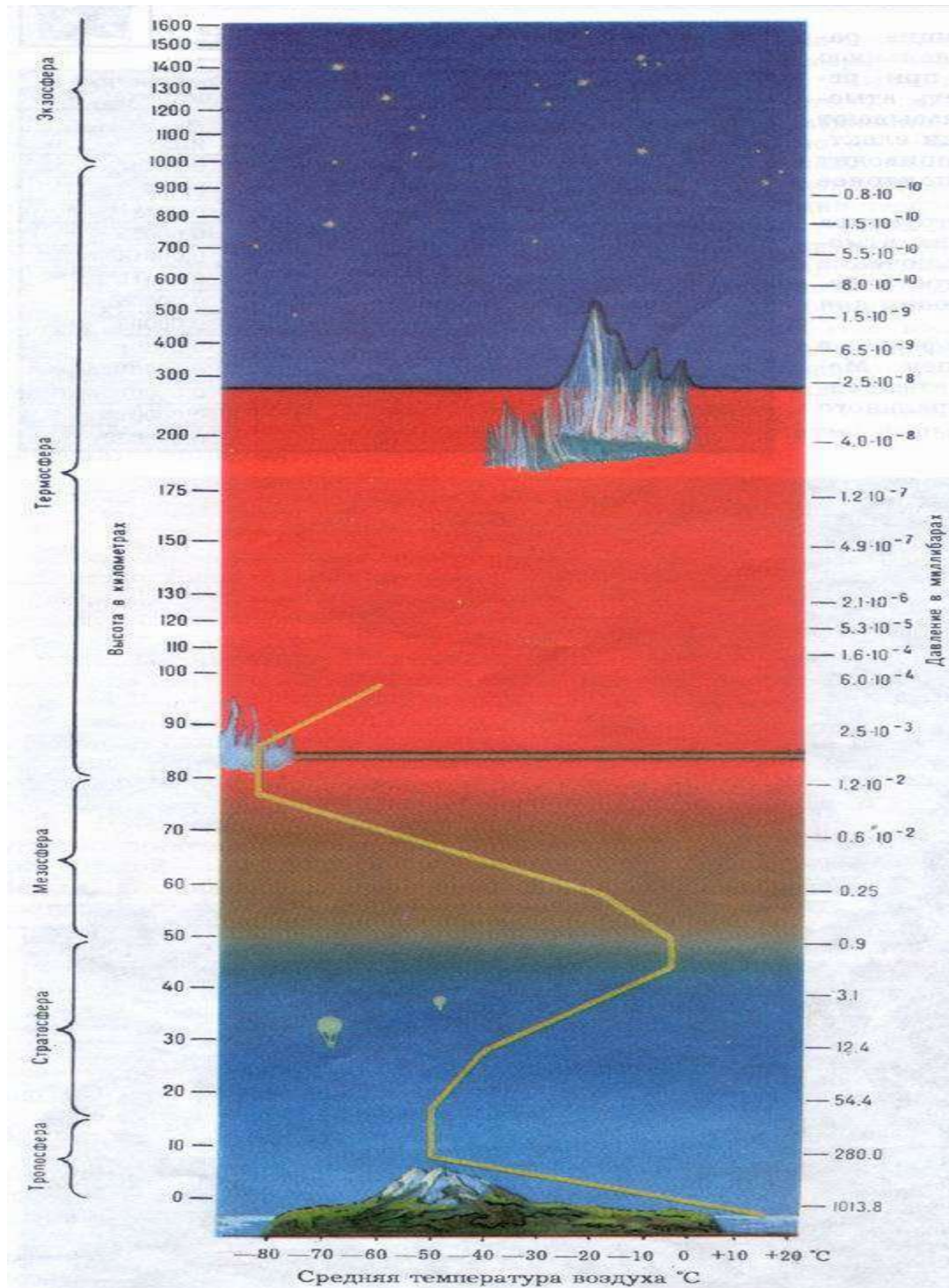


Рис. 17. Зависимость температуры воздуха от высоты в разных слоях атмосферы

Атмосферный слой выше 1000 км выделяется под названием *экзосферы* (внешней атмосферы), или сферы ускользания газов, т. к. благодаря большой разреженности воздуха на этих высотах скорость движения отдельных частиц достигает второй космической скорости (около 11 км/с для незаряженных частиц), и они, покидая атмосферу, улетают в мировое пространство, двигаясь по параболическим траекториям. Ускользают обычно атомы водорода и гелия.

Поскольку на движение заряженных частиц здесь оказывает влияние магнитное поле Земли, эта область называется еще и *магнитосферой*. Поток солнечных высокоскоростных частиц, достигая магнитосферы Земли, приводит к её сжатию, что, в свою очередь, вызывает нарушение динамического равновесия в магнитоплазменных оболочках Земли. В результате энергии ударной волны в магнитосфере и ионосфере на поверхности Земли возникают значительные колебания естественных электромагнитных полей (ЭМП). Существенные колебания ЭМП Земли называют магнитными бурями, или геомагнитными возмущениями.

Солнечная радиация (солнечное излучение), приходящая к Земле от Солнца, является основным источником атмосферных процессов, так как количество тепла, получаемое в среднем за год единицей площади земной поверхности от Солнца, в 30 000 раз больше, чем тепло, идущее из недр Земли, и в 30 млн раз больше, чем энергия от излучения звезд и планет.

Рассмотрим далее понятия *климат* и *погода*.

Под *климатом* понимаются наиболее часто повторяющиеся для данной местности особенности погоды, создающие типичный режим (период 30–40 лет) температуры, увлажнения, циркуляции атмосферы. Климат какой-то местности нельзя рассматривать изолированно. Особенности климата отдельных регионов – это преломление общих закономерностей в конкретной обстановке.

Глобальный климат определяется астрономическими факторами (светимость Солнца, положение и движение Земли в Солнечной системе, наклон оси вращения нашей планеты к плоскости орбиты, скорость вращения Земли вокруг своей оси), от которых зависит поступление на Землю солнечной радиации. В формировании климата определяющую роль играют три основных цикла атмосферных процессов: *теплооборот*, *влагооборот* и *атмосферная циркуляция*.

*Теплооборот* и *влагооборот* включают в себя сложные процессы преобразования солнечной энергии и обмена ею между атмосферой и поверхностью Земли. К теплообороту относится также горизонтальный перенос тепла воздушными течениями.

Распределение температуры воздуха по земному шару зависит от

следующих основных факторов:

- 1) величины притока солнечной радиации по широтам;
- 2) от распределения суши и океана, которые по-разному поглощают солнечную радиацию и по-разному нагреваются;
- 3) строения поверхности суши (рельефа).

Континенты Земли по перечисленным признакам разделены на зоны, различающиеся своим климатом: тундра, тайга, умеренная зона, континентальная зона, средиземноморская зона, пустыня, дождевой тропический пояс, саванна. Например, умеренная зона для побережья средней части Северной Америки. Климат мягкий, зимой осадков много, летом меньше, без морозов и жары. Типичный континентальный климат в Красноярске – очень холодный зимой и жаркий летом.

Систему крупномасштабных воздушных течений на Земле называют *общей циркуляцией* атмосферы. Основными элементами общей циркуляции атмосферы являются *циклоны* и *антициклоны*, т.е. вихри размером в несколько тысяч километров, постоянно возникающие в атмосфере.

Вихри с *низким* давлением в центре и вращением воздуха (в Северном полушарии) против часовой стрелки (*циклоны*) поднимают вверх теплый воздух, который поступает со стороны. Это наступление холодного фронта. Отступающему теплу воздуху приходится резко подниматься вверх. Воздух охлаждается, а влага, содержащаяся в нем, высвобождается и образует облака. На горизонте в летний период скапливаются мощные кучево-дождевые облака. Ветер начинает дуть порывами, обрушивается стена проливного дождя, сверкают молнии и гремит гром. После грозы, которая длится не более 2-х часов, становится холоднее. С голубого неба над головой снова воссияет «умытое» солнышко. Циклон удаляется. В этом случае холодный фронт надвинулся резко. На смену ему идет область повышенного давления воздуха – *антициклон*.

Возможен второй сценарий перехода циклона в антициклон (зимний, осенний периоды), когда холодный фронт надвигается медленно. Облачная полоса вдоль фронта значительно шире, а ненастье продолжительнее (морозящие обложные дожди или снегопад).

Вихри с *высоким* давлением воздуха в центре и вращением (в Северном полушарии) по часовой стрелке (*антициклоны*) делают обратное опускают теплый воздух, который затем растекается к периферии. В области высокого давления воздух не поднимается, а опускается вниз, а потому, как правило, достаточно сухой. Отличительные черты погоды при антициклоне – мало облаков и осадков, слабый или умеренный ветер. Зато в антициклоне заметны колебания температуры на материках в течение суток. В Сибири эта разница может достигать 20–25 градусов, а в Сахаре после 40-градусной дневной жары, возможны ночные заморозки.

Действительно, нет на Земле стихии, более подвижной, разнообразной и капризной, чем воздушный океан. Его сиюминутное настроение мы и называем погодой. Состояние атмосферы в данном месте земного шара в данный момент времени называется *погодой*.

Погода характеризуется следующими показателями: *температурой, давлением и влажностью* окружающего воздуха. Для жителя умеренных широт лучше всего, чтобы *температура воздуха* была от  $+18^{\circ}\text{C}$  до  $+25^{\circ}\text{C}$ . Максимальная температура наблюдается почти  $+60^{\circ}\text{C}$  в Северной Африке, а минимальная – почти  $-90^{\circ}\text{C}$  на станции «Восток» в Антарктиде. Средняя величина температуры приземного слоя воздуха равна  $17,7^{\circ}\text{C}$ .

Атмосферное давление на уровне моря – это вес столба воздуха единичного сечения. Если разделить этот вес на ускорение силы тяжести, то получим массу столба, равную 1 кг. На уровне моря атмосферное давление равно давлению, которое производит 760 мм рт.ст. при температуре ноль градусов Цельсия.

Прямым следствием изменения *давления* атмосферы является ветер. Отчего дует ветер? Движущей силой всех процессов на Земле является энергия Солнца. При нагревании под действием солнечных лучей воздух расширяется и поднимается вверх. Какой силы ветер благоприятен для человека? Например, 1–3 м/с – легкое дуновение, при скорости более 20 м/с начинается шторм, более 30 м/с – ураган.

*Влажность* воздуха обычно характеризуется относительной влажностью (%), под которой понимают отношение абсолютной влажности (фактическое количество паров воды при данной температуре) к максимальной, насыщающей воздух. Человек чувствует себя хорошо при относительной влажности от 40 до 75 %.

Другими характеристиками погоды могут быть облачность и осадки.

Климатообразующее значение имеют и циркуляции значительно меньшего масштаба (бризы, климат вокруг города, горно-долинные ветры и др.), носящие название *местная атмосферная циркуляция*.

*Бризы* – ветры у берегов морей и океанов, которые меняют свое направление в течение суток. Днем морской бриз дует с моря на берег, а ночью – с берега на море. Почему?

В пределах *больших городов* формируются особые климатические условия. Связано это с тем, что территория города всегда прогревается больше (на  $4-7^{\circ}\text{C}$ ) его окрестностей. На окраине города возникает местный атмосферный фронт с более сильными ветрами. К особенностям климата крупных городов относят смог – скопление ядовитого дыма и газа вблизи земной поверхности. Смог висит над городом грязным туманным облаком, причиняя болезни и даже смерть.

Состояние атмосферы определяют метеоусловия на Земле. Существует глобальная система наблюдений – Всемирная служба погоды, которая включает 3,5 тыс. наземных метеостанций, 700 наземных астрономических станций, метеоспутники и около 5 000 точек на транспортных и научно-исследовательских судах и в аэропортах.

### **3.4. Строение и динамика магнитосферы Земли**

Магнитосфера – это самая внешняя оболочка Земли, имеющая форму вытянутой полости. Это первичная защитная сфера Земли, которая встречает удар корпускулярной радиации, не давая ей уничтожить атмосферу. Её существование и строение обусловлено взаимодействием солнечного ветра с дипольным магнитным полем Земли.

У Земли, также как и Меркурия, – планет земной группы – есть магнитное поле. Магнитное поле Земли простирается на 20–25 радиусов (радиус Земного шара: экваториальный – 6 378 км, полярный – 6 357 км) и образует третий, «броневой», пояс, окружающий нашу планету наряду с атмосферой и ионосферой.

Магнитное поле Земли находится во взаимосвязи с магнитными полями Солнца и потоком заряженных частиц, испускаемых Солнцем. Это солнечный ветер, который представляет собой потоки мчащихся со скоростью около 500 км/с частиц сильного магнитного поля Солнца. При вспышках на Солнце скорость солнечного ветра возрастает до 1000 км/с. Тогда возникает последовательная серия сжатия и расширения магнитосферы, изменяющих магнитное поле у поверхности Земли.

Изменение параметров солнечного ветра, при проявлениях солнечной активности, сопровождается ускорением вращения Земли, повышением напряжённости магнитного поля Земли и магнитосферы, усиливая магнитный экран нашей планеты.

Известно, что параметры угловой скорости вращения Земли определяют уровень напряженности магнитного поля и состояние магнитного экрана, соответствующие энергетическому уровню солнечного ветра. При «спокойном» Солнце эта взаимосвязанная система обеспечивает стабильное равновесие составляющих системы, что и создает нормальные условия жизнедеятельности на планете.

Магнитное поле Земли служит препятствием и защищает себя от мощного потока космических частиц – протонов, альфа-частиц, небольшого количества электронов и др.

В районе полюсов образуются «щели», через которые возможен прорыв горячей плазмы в верхние слои атмосферы. Это северные сияния, иногда возможны полярные сияния (свечение атомов и молекул кислорода и азота на высотах около 12 км).

Все населяющие Землю живые существа возникли и постоянно находятся под воздействием магнитного поля Земли. Известно, что магнитное поле Земли пульсирует с частотой от 8 до 16 колебаний в секунду. Ученые считают, что с такой пульсацией связан головной ритм биопотенциалов головного мозга человека. Хаотически изменяющаяся частота колебаний магнитного поля Земли, например в период магнитных бурь на Солнце, может навязывать биологическим процессам несвойственные им ритмы.

Представим магнитное поле Земли в виде геоцентрического диполя с наклоном оси в 11,5 градусов.

Диполь – это маленький магнитик, смещенный в восточном полушарии от центра Земли на 430 км (рис. 18). Силовые линии магнитного поля «входят» в планету вблизи Северного географического полюса и «выходят» вблизи Южного. Напряженность современного магнитного поля Земли составляет около 0,1 А/м.

Проблема происхождения магнитного поля Земли не может считаться решенной. Общепризнанной является современная гипотеза «магнитного гидродинамо» – возникновения геомагнитного поля за счет конвекции жидкого вещества во внешнем ядре Земли. Она основана на признании существования жидкого внешнего ядра. Внутреннее ядро с глубины 5120 км и до центра (6371 км) сложено твердым веществом.

Тепловая конвекция, т.е. перемешивание вещества во внешнем ядре, способствует образованию кольцевых электрических потоков. Скорость перемещения вещества в верхней части жидкого ядра меньше, а в нижних слоях – больше относительно мантии в первом случае и твердого ядра – во втором.

Подобные медленные течения вызывают формирование тороидальных, замкнутых по форме электрических полей. Благодаря взаимодействию тороидальных электрических полей с конвективными течениями во внешнем ядре возникает суммарное магнитное поле дипольного характера. Разные породы в земной коре намагничены по-разному. Наибольшую намагниченность горных пород создают минералы, содержащие железо. Так, в 20-е гг. XX в. были обнаружены магнитные породы, образующие Курскую магнитную аномалию.

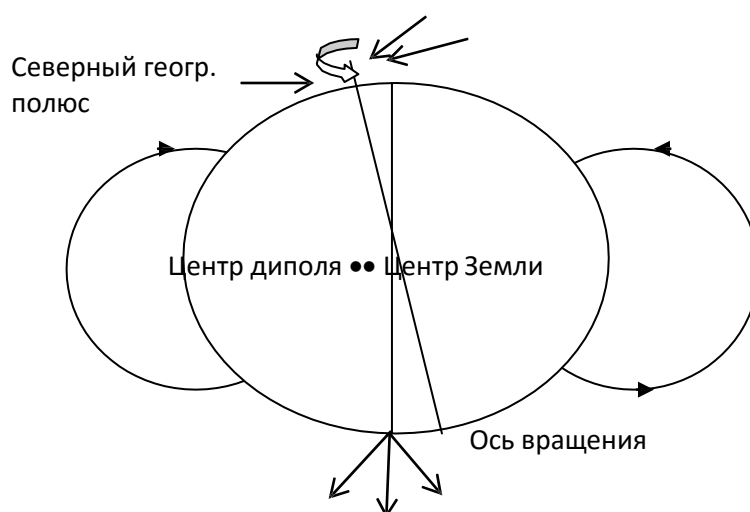


Рис. 18. Схема магнитного поля Земли

Возможность инверсии магнитного поля в истории Земли моделируется по остаточной намагниченности горных пород. Время, в течение которого происходит изменение знака полярности, может быть до 1000 и 1000000 лет. Многие исследователи считают, что к этим периодам приурочена резкая смена животного и растительного мира: исчезновение одних видов, появление других.

Известно также, что Северный полюс нашей планеты не «стоит» на одном месте. За год он может, совершая сложные круговые движения, «пройти» путь до 100 м. Одни ученые связывают движения полюса с перемещением атмосферных масс, другие – с взаимодействием между ядром Земли и ее мантией, третьи ищут объяснения в перемещениях земной коры.

В последние годы обнаружена связь между сейсмическими процессами внутри литосферы и поведением захваченных частиц в магнитосфере Земли. Это явление легло в основу нового метода прогнозирования землетрясений. Космический аппарат на орбите, проходящей под радиационным поясом, зарегистрирует всплеск высыпавшихся частиц, когда будет пересекать широту эпицентра предстоящего землетрясения. Электромагнитные поля Земли могут оказывать влияние на психоэмоциональное состояние человека. Исследования показали, что функциональное состояние мозга человека зависит от структуры и дозы воздействия естественных электромагнитных полей, что приводит к угнетению аналитического мышления человека. Эти результаты согласуются с работами московских исследователей, которые доказали, что при снижении геомагнитной активности наблюдается рост особо опасных преступлений одновременно в различных областях России



(особенно в районах Приполярья и Крайнего Севера).

При геомагнитных возмущениях отмечены развитие полярных сияний, магнитных бурь, рост фона инфразвука, увеличение концентраций радона в атмосфере. Известно, что радон усиливает облучение внутренних органов человека и повышает концентрацию положительных ионов, вызывая физиологические сдвиги в организме. Первыми итогами новой науки гелиобиологии были открытия циклических связей между развитием эпидемий (и эпизоотией) и активностью Солнца (Чижевский А.Л.). Было показано, что активизации всех распространенных инфекционных заболеваний (дифтерии, холеры, гриппа и т.д.) присуща определённая цикличность с периодами 3, 5, 8, 11, 14 и 18–19 лет.

Таким образом, магнитосфера как результат взаимодействия солнечного ветра и магнитного поля Земли приводит к ухудшению самочувствия «здоровых людей», к сдвигам в физиологических показателях организма человека, активизации вирусов. В связи с магнитными и ионосферными бурями остро встаёт проблема их прогноза. Для ионосферных прогнозов в мире работают свыше 100 станций, зондирующих ионосферу. Для ионосферных прогнозов сопоставляют гелиофизические карты, на которых нанесена ситуация на солнце и содержание свободных электронов, концентрация которых связана с частотами отражения радиоволн. Прогнозы сообщаются по средствам телеи радиовещания и публикуются в газетах.

### **3.5. Биосфера Земли**

Под биосферой Земли понимается область активной жизни, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы. Живые существа и среда их обитания органически связаны и взаимодействуют друг с другом, образуя целостную динамическую систему. По В.И. Вернадскому, «биосфера – единственная область земной коры, занятая жизнью, только в этом тонком наружном слое нашей планеты сосредоточена жизнь».

Владимир Иванович Вернадский (1863–1945) – признанный классик естествознания. Венцом его научного творчества стало учение о биосфере – области жизни на планете. Оно явилось синтезом идей и фактов, относящихся к десяткам наук. Один из главных его выводов: живые организмы (глобальная их совокупность – живое вещество) активно преобразуют окружающую природу. Поэтому вся область жизни – биосфера – является не механической системой, а своеобразным космическим организмом.

В.И. Вернадский подхватил и развил идеи французского ученого В. Анри о космической и планетной роли живых организмов как *преобразователей солнечной энергии*. Все космическое пространство заполнено излучением разного рода. В зависимости от формы излучений, в частности, например, длины их волны, они проявляются как свет, теплота, электричество, различным образом меняя материальную среду, нашу планету и тела, ее составляющие. Вещество биосферы, благодаря космическим излучениям, проникнуто энергией, оно становится активным, собирает и распределяет в биосфере полученную в форме излучений энергию, превращает её в энергию свободную, способную производить работу. Таким образом, биосферу можно рассматривать как область земной коры, занятую трансформаторами, превращающими космические излучения в действенную земную энергию – электрическую, химическую, тепловую, механическую.

При изучении влияния Солнца на геологические и геохимические процессы становится понятной и бесспорная роль лучистой солнечной теплоты для существования жизни. Несомненно и превращение тепловой лучистой энергии в энергию механическую, молекулярную (испарение и т.п.), химическую. Появление таких превращений наблюдается на каждом шагу, мы видим их в жизни организмов, в движении и деятельности ветров или морских течений, в морской волне и морском прибое, в разрушении скал, в движении и образовании рек и в колоссальной работе снежных и дождевых осадков. Так писал В.И. Вернадский еще в начале 20-х гг. прошлого столетия, чем вызвал восторг А.Л. Чижевского, ибо направление их прогрессивных понятий в этой области в значительной степени совпадало.

В основу своих исследований В.И. Вернадский закладывал только *эмпирические обобщения, основанные на всей совокупности известных фактов, а не гипотезы и теории*. Одним из таких положений являлось то, что энергия, выделяемая организмами, есть в главной своей части, а может быть и целиком лучистая энергия Солнца. Через посредство организмов она регулирует химические проявления земной коры. При этом он считал, что на земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям чем живые организмы, взятые в целом.

Поэтому, делает вывод ученый, нет ни одного крупного химического равновесия, в котором не проявлялось бы влияние жизни, накладывающей «неизгладимую печать» на всю химию земной коры. И далее: *«Жизнь не является, таким образом, внешним случайным явлением на земной поверхности. Она теснейшим образом связана со строением земной коры, входит в ее механизм и в этом механизме исполняет величайшей важности функции, без которых он не мог бы существовать»*.

Важнейшей составляющей учения о биосфере является эмпирическое

наблюдение *неразрывной связи* между освещающим ее световым солнечным излучением и находящимся в ней *зеленым живым миром* организованных существ, являющимся трансформатором энергии. Основным выводом наблюдения является чрезвычайная автоматичность процесса: нарушение его восстанавливается без всякого участия других объектов, кроме светового солнечного луча, и определенным образом построенного, и определенным образом живущего зеленого растения.

С несомненностью установлено, что зеленые растения получают необходимую им для жизни *энергию* прямо от Солнца, которое, таким образом, является *основным источником их существования*, способствуя приготовлению ими органических веществ из веществ неорганических. В этом заключается основная функция зеленых растений, поддерживающих жизнь и развитие всего животного царства. Процесс фотосинтеза происходит в лаборатории хлорофилловых зерен. При посредстве их растения поглощают энергию солнечного луча: красные лучи спектра диссоциируют углекислоту и синтезируют углеводы, питающие растения (К.Е. Тимирязев, 1843–1920). *Весь свободный кислород биосферы создается на земной поверхности только благодаря газовому обмену зеленых организмов* (В.И. Вернадский). Характерно, что количество этого свободного кислорода в биосфере, равное  $1,5 \cdot 10^{21}$  т, есть число того же порядка, что и количество связанного с ним живого вещества –  $10 \cdot 10^{21}$  т. Все количество газов, таких как свободный кислород и углекислота, которые находятся в атмосфере, состоит *в динамическом равновесии*, в вечном обмене с живым веществом. Газовый ток биосферы теснейшим образом связан с фотосинтезом, с космическим источником энергии.

Жизнь защищена в своем существовании экраном озона, являющимся естественной внешней границей биосферы. Характерно, что необходимый для создания озона свободный кислород образуется в биосфере биохимическим путем. Жизнь, создавая в земной коре свободный кислород, тем самым создает озон и предохраняет биосферу от губительных для всякой жизни коротких ультрафиолетовых лучей. Поэтому озонный экран и определяет верхнюю границу возможной жизни. Нижняя граница жизни на Земле определяется температурой, а не химическим составом, так как отсутствие свободного кислорода не может служить препятствием для жизни. Чисто условной границей такой температуры считается  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это температура, которая достигается на глубине 3–3,5 км от земной поверхности. Средняя глубина океана достигает 3,8 км, а температура у дна близка к  $0^{\circ}\text{C}$ . Поэтому нижняя граница биосферы в среднем едва ли превысит 2,5–2,7 км на суше и 5–5,5 км в области океанов.

Таким образом, движущими силами развития природных процессов являются сферы Земли (литосфера, гидросфера, атмосфера). Сферы Земли

представляют единую, саморегулирующую, сложноорганизованную, энергонасыщенную систему, развивающуюся под действием внутренних и внешних космических сил. Результат проявления внутренних сил Земли (литосферы) – эндогенные процессы (землетрясения, извержения вулканов), внешних на поверхности Земли – экзогенные процессы (оползни, сели, обвалы). Выделяются природные процессы, происходящие только в атмосфере (бури, ураганы, смерчи, сильный снегопад и т.д.), или только в гидросфере (тайфуны, цунами, наводнения и т.д.). Весьма разнообразны местные или локальные источники природных процессов. К ним относятся температурные колебания воздуха, деятельность поверхностных и подземных вод и т.д. Эти процессы будут считаться опасными природными процессами, стихийными бедствиям, природными или экологическими катастрофами в случае угрозы жизни и здоровью людей и нанесению экономического ущерба человечеству.

## Раздел 2

### ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

#### Глава 4. СОВРЕМЕННЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Природные процессы – бесконфликтные, но при опасных проявлениях они могут стать источниками разнообразных чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Под *чрезвычайной ситуацией* понимается обстановка, сложившаяся на определенной территории в результате стихийного бедствия, техногенной аварии (катастрофы), эпидемии, эпизоотии, эпифитотии, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Чрезвычайные ситуации могут быть классифицированы по значительному числу признаков, описывающих явление с разных сторон их природы и свойств [5, 9, 13]. Можно построить классификационные структуры по следующим признакам:

1. По состоянию опасности для населения и окружающей среды.
2. По генезису (типам и видам, лежащим в основе происхождения природных процессов).
3. По масштабу возможных последствий чрезвычайных ситуаций.
4. По поражающим факторам источников природных чрезвычайных ситуаций, характеру их действий и проявления.

1. На основании отечественного и зарубежного опыта и нормативного документа (СНиП 11-02-96), анализа и оценки негативных последствий, проявления опасных природных процессов на практике используют 4-

ранговую шкалу опасности:

- чрезвычайно опасно (катастрофично),
- опасно,
- малоопасно,
- практически не опасно.

Последние два состояния – малоопасное, практически не опасно – можно охарактеризовать как норма воздействия, при которой не возникает дискомфорта и ущерба для населения и окружающей среды.

Появление дискомфорта при чрезвычайно опасном (катастрофичном) и опасном природных состояниях вызывает опасность, риск для населения и окружающей среды.

2. Наибольшую практическую ценность имеет классификация видов природных процессов по генезису их возникновения в различных сферах (например, в литосфере землетрясения), рис. 19.

По генезису (происхождению) все опасные природные процессы делят на несколько групп:

- литосферные, или геологические (землетрясения, оползни, сели);
- гидросферные, или гидрологические (наводнения, цунами, штормы);
- атмосферные, или метеорологические (смерчи, бури, ураганы и т.д.);
- природные пожары (лесные, степные, торфяные);
- биологические (эпидемии, эпизоотии, эпифитопии);
- космические (астероиды, ультрафиолетовое излучение).

3. По масштабу возможных последствий чрезвычайных ситуаций широкое распространение в практике находит классификация ЧС.

Перечень стандартов, применение которых обязательно во всех видах документации по прогнозированию и предупреждению чрезвычайных ситуаций для организаций, осуществляющих мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений на территории России, приводится в списке литературы.



Рис. 19. Классификация стихийных бедствий природного характера по их генезису

Согласно принятому положению «О классификации ЧС природного и техногенного характера (утверждено постановлением Правительства РФ № 304 от 21 мая 2007 г.)» чрезвычайные ситуации классифицируются в зависимости от числа пострадавших, от размера материального ущерба, а также от границ зон распространения поражающих факторов ЧС.

В классификации, построенной по масштабам распространения чрезвычайных событий, учитываются не только размеры территорий, подвергшихся воздействию ЧС, но и возможные последствия. В зависимости от количества людей, пострадавших в чрезвычайных ситуациях, от размера причинённого материального ущерба, а также границ зон распространения поражающих факторов ЧС классифицируются следующим образом:

- локальные;

- муниципальные (местные);
- межмуниципальные (территориальные);
- региональные;
- межрегиональные;
- федеральные.

Постановление устанавливает единый подход к оценке ЧС, определению границ зон чрезвычайных ситуаций. Они классифицируются в зависимости от количества людей, пострадавших в этих ситуациях, размера материального ущерба, а также границы зон распространения поражающих факторов ЧС.

К *локальной* относится чрезвычайная ситуация, в результате которой количество людей, погибших или получивших ущерб здоровью, составляет не более **10** человек, либо размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь составляет не более 100 тыс. рублей, зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

Ликвидация локальной ЧС осуществляется силами и средствами организации, предприятия или учреждения.

К *муниципальной* относится чрезвычайная ситуация, в результате которой количество пострадавших составляет **не более 50** человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн рублей, зона ЧС не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города федерального значения.

Ликвидация муниципальной ЧС осуществляется силами и средствами органов местного самоуправления.

К *межмуниципальной* относится чрезвычайная ситуация, в результате которой количество пострадавших составляет **не более 50** человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн рублей, зона ЧС затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию.

К *региональной* относится чрезвычайная ситуация, в результате которой количество пострадавших составляет **свыше 50 человек**, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн рублей, но не более 500 млн. рублей, а зона ЧС не выходит за пределы территории одного субъекта РФ.

Ликвидация региональной ЧС осуществляется силами и средствами органов исполнительной власти субъекта РФ.

К *межрегиональной* относится чрезвычайная ситуация, в результате которой количество пострадавших составляет **свыше 50 человек**, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн рублей, но не более 500 млн рублей, а зона ЧС затрагивает территорию двух и более субъектов РФ.

Ликвидация региональной ЧС осуществляется силами и средствами органов исполнительной власти двух субъектов РФ.

К *федеральной* относится чрезвычайная ситуация, в результате которой количество пострадавших составляет **свыше 500 человек** либо размер материального ущерба составляет свыше 500 млн рублей.

Ликвидация федеральной ЧС осуществляется силами и средствами органов исполнительной власти субъекта РФ. При недостаточности собственных сил и средств для ликвидации всех видов ЧС, соответствующие комиссии по чрезвычайным ситуациям (КЧС) могут обращаться за помощью к вышестоящим КЧС, Вооружённым силам РФ, войскам Гражданской обороны РФ и воинским формированиям в соответствии с законодательством РФ.

4. Классификация по поражающим факторам источников природных чрезвычайных ситуаций, характеру их действий и проявления приведена в табл. 2 (по ГОСТ Р 22.0.06–95). Каждому виду природной ЧС свойственна своя скорость распространения опасности, являющаяся важной составляющей интенсивности протекания чрезвычайного события и характеризующая степень воздействия поражающих факторов.

*Поражающий фактор* – это любое экстремальное воздействие на систему, приводящее к поражению её целостности. Поражение наносит ущерб системе. Он может быть существенным, если система не в состоянии самостоятельно восстановиться, и тогда она обречена на гибель, или несущественным, если система сама восстанавливается в новых условиях. Например, к основным поражающим факторам ЧС можно отнести: механические (динамические), химические, физические, биологические воздействия и др. (табл. 2).

Важным является не только качественная оценка поражающих факторов источников природных чрезвычайных ситуаций, характера их проявлений, но и количественная оценка основных параметров поражающего их воздействия на жизнь и здоровье людей, сельскохозяйственных животных и растений, объектов экономики и окружающую природную среду (табл. 3).

Таким образом, воздействие чрезвычайных ситуаций природного характера на население, хозяйство и отдельные объекты различается в зависимости от физической природы процесса, длительности и площади воздействия, интенсивности проявления, плотности населения, а по величине наносимых потерь – от предсказуемости (дающей возможности подготовиться к ЧС). Приведённая классификация (табл. 2) будет неполной по источникам чрезвычайных ситуаций, если не дополнить её биологическими и космогенными чрезвычайными ситуациями.

Поражающие факторы источников природных чрезвычайных ситуаций, характер их действий и проявлений



Таблица 2

Источник природной ЧС	Наименование поражающего фактора природной ЧС	Характер действия, проявления поражающего фактора источника природной ЧС
<b>1 . Опасные геологические процессы</b>		
1.1. Землетрясение	Сейсмический	Сейсмический удар. Деформация горных пород. Взрывная волна. Извержение вулкана. Нагон волн (цунами). Гравитационное смещение горных пород, снежных масс, ледников. Затопление поверхностными водами. Деформация речных русел
	Физический	Электромагнитное поле
1.2. Вулканическое извержение	Динамический	Сотрясение земной поверхности. Деформация земной поверхности. Выброс, выпадение продуктов извержения. Движение лавы, грязевых, каменных потоков. Гравитационное смещение горных пород
	Тепловой (термический)	Палящая туча Лава, тефра, пар, газы
	Химический. Теплофизически	Загрязнение атмосферы, почв, грунтов, гидросферы
	Физический	Грозовые разряды

Продолжение табл. 2

Источник природной ЧС	Наименование поражающего фактора природной ЧС	Характер действия, проявления поражающего фактора источника природной ЧС
1.3. Оползень. Обвал	Динамический. Гравитационный	Смещение (движение) горных пород. Сотрясение земной поверхности. Динамическое, механическое давление смещенных масс. Удар
1.4. Карст	Химический	Растворение горных пород
	Гидродинамический	Разрушение структуры пород. Перемещение (вымывание) частиц породы
	Гравитационный	Смещение (обрушение) пород. Деформация земной поверхности
1.5. Просадка в лессовых грунтах	Гравитационный	Деформация земной поверхности. Деформация грунтов
1.6. Переработка берегов	Гидродинамический	Удар волны. Размывание (разрушение) грунтов. Перенос (переотложение) частиц грунта
	Гравитационный	Смещение (обрушение) пород в береговой части
<b>2. Опасные гидрологические явления и процессы</b>		
2.1. Подтопление	Гидростатический	Повышение уровня грунтовых вод
	Гидродинамический	Гидродинамическое давление потока грунтовых вод
	Гидрохимический	Загрязнение (засоление) почв, грунтов. Коррозия подземных металлических конструкций
2.2. Русловая эрозия	Гидродинамический	Гидродинамическое давление потока воды. Деформация речного русла
2.3. Цунами. Штормовой нагон воды	Гидродинамический	Удар волны. Гидродинамическое давление потока воды. Размывание грунтов. Затопление территории. Подпор воды в реках
2.4. Сель	Динамический. Гравитационный	Смещение (движение) горных пород. Удар. Механическое давление селевой массы
	Гидродинамический	Гидродинамическое давление селевого потока
	Аэродинамический	Ударная волна

2.5. Наводнение. Половодье.	Гидродинамический. Гидрохимический	Поток (течение) воды. Загрязнение гидросферы, почв, грунтов
2.6. Затор. Зажор	Гидродинамический	Подъем уровня воды. Гидродинамическое давление воды
2.7. Лавина снежная	Гравитационный. Динамический	Смещение (движение) снежных масс. Удар. Давление смещенных масс снега
	Аэродинамический	Ударная воздушная волна. Звуковой удар
<b>3. Опасные метеорологические явления и процессы</b>		
3.1. Сильный ветер. Шторм. Шквал. Ураган	Аэродинамический	Ветровой поток. Ветровая нагрузка. Аэродинамическое давление. Вибрация
3.2. Смерч. Вихрь	Аэродинамический	Сильное разряжение воздуха. Вихревой восходящий поток. Ветровая нагрузка
3.3. Пыльная буря	Аэродинамический	Выдувание и засыпание верхнего покрова почвы, посевов
3.4. Сильные осадки		
3.4.1. Продолжительный дождь	Гидродинамический	Поток (течение) воды. Затопление территории
3.4.2. Сильный снегопад	Гидродинамический	Снеговая нагрузка. Снежные заносы
3.4.3. Сильная метель	Гидродинамический	Снеговая нагрузка. Ветровая нагрузка. Снежные заносы
3.4.4. Гололед	Гравитационный	Гололедная нагрузка
	Динамический	Вибрация
3.4.5. Град	Динамический	Удар
3.5. Туман	Теплофизический	Снижение видимости (помутнение воздуха)
3.6. Заморозок	Тепловой	Охлаждение почвы, воздуха
3.7. Засуха	Тепловой	Нагревание почвы, воздуха
3.8. Суховей	Аэродинамический. Тепловой	Иссушение почвы
3.9. Гроза	Электрофизический	Электрические разряды
<b>4. Природные пожары</b>		
4.1. Пожар – степной, лесной, торфяной	Теплофизический	Пламя. Нагрев тепловым потоком. Тепловой удар. Помутнение воздуха. Опасные дымы
	Химический	Загрязнение атмосферы, почвы, грунтов, гидросферы

Таблица 3

Основные параметры (показатели) поражающего воздействия источников природных чрезвычайных ситуаций на жизнь и здоровье людей, объекты экономики и окружающую природную среду

Объект воздействия природной ЧС	Параметр показателя поражающего воздействия источника природной ЧС
Население	Число погибших, пораженных, пострадавших людей
	Продолжительность поражающего воздействия, мин, ч, сут.
	Площадь зоны ЧС, км <sup>2</sup>
	Площадь зоны отселения населения, км <sup>2</sup> , га
	Затраты на проведение аварийно-спасательных работ, млн р.
	Экономический ущерб, млн р.
	Социальный ущерб, млн р.
Окружающая среда	Площадь зоны бедствия, км <sup>2</sup>
	Число разрушенных, поврежденных объектов
	Степень повреждения объектов, %
	Потеря эксплуатационных качеств объектов, %
	Продолжительность поражающего воздействия, мин., ч, сут.
	Продолжительность аварийного периода, ч, сут., мес.
	Продолжительность восстановительного периода, сут., мес., год
	Площадь земель, частично или полностью исключенных из сельскохозяйственного оборота, км <sup>2</sup>
	Снижение плодородия земель, %
	Продолжительность периода восстановления сельскохозяйственных угодий, продуктивности почв, год
	Число пораженных сельскохозяйственных животных
	Величина погибшего урожая, т
	Площадь уничтоженных, пострадавших лесных массивов, км <sup>2</sup> , га
	Продолжительность периода восстановления лесонасаждений, год
	Площадь загрязнения опасными веществами почв, грунтов, подземных, поверхностных вод, км <sup>2</sup> , га
	Площадь радиоактивного загрязнения почв, грунтов, подземных, поверхностных вод, км <sup>2</sup> , га
	Объем загрязненного грунта, почв, т
	Продолжительность периода (само)очистки загрязненных почв, грунтов, подземных, поверхностных вод, год
	Затраты на рекультивацию загрязненных участков, млн р.
	Продолжительность периода рекультивации загрязненных участков, мес., год
Экономический ущерб, млн р.	

Для решения поставленных задач в наибольшей степени соответствует классификация природных процессов, разработанная Н.С. Красиловой (1997). Позже близкую систематику природных процессов по характеру воздействия на человека и экосистемы предложили Д.Г. Зилинг и М.А. Харькина [10]. Одним из основных признаков выделения катастрофических, опасных и неблагоприятных процессов являются человеческие жертвы и комфортность проживания людей. Однако эти классификации относительны и субъективны по отношению к человеку. Они не могут обеспечить учёт экологических последствий проявления природных процессов. Надо сказать, что любой ряд процессов, построенных по числу жертв, достаточно условен, т.к. многое зависит от интенсивности процесса, плотности населения, вида функционального использования территории (типа застройки), её принадлежности к тому или иному региону. Кроме того, далеко не каждое проявление процесса сопровождается человеческими жертвами.

Представляет практический интерес схема классификации катастроф по типам, разработанная И.В. Кузнецовым, В.Ф. Писаренко и М.В. Родкиной [10]. В основу данной классификации положены параметры, характеризующие тип катастроф (трендовый, экстремальный, срывной) и ущерб от катастрофы. Приведена количественная оценка ущерба от трёх типов катастроф и наиболее эффективные мероприятия по уменьшению ущерба. Например, при типе катастрофы экстремума (наводнения) наиболее эффективными мероприятиями по уменьшению ущерба являются комбинации превентивных мероприятий и мер по ликвидации последствий катастроф и страхование.

Важнейшей особенностью развития катастрофических процессов является каскадность их проявления: землетрясения провоцируют возникновение оползней, обвалов, осыпей, селей, а в некоторых случаях – штормов и цунами. Неблагоприятные последствия для человека вторичных природных процессов не менее значительны, чем от первичного процесса.

Таким образом, оценка воздействия природных процессов на экосистему и человека требует индивидуального подхода не только к процессу, но и территории. Сложно предложить пригодную для всех случаев единую классификацию природных опасных процессов без учёта времени, места, интенсивности и площади проявления. И каждый процесс в практическом отношении должен оцениваться индивидуально по степени воздействия на человека и экосистему в целом. Но рассмотренные классификации ОПП могут быть использованы для оценки вероятного ущерба и выработки управленческих решений по стратегии уменьшения ущерба от катастроф.

## Глава 5 ОПАСНЫЕ ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИТОСФЕРЕ

### 5.1. Землетрясения

Землетрясения – едва ли не самые страшные и губительные природные катастрофы. Действию землетрясений подвержено более 10 % суши, на которой проживает половина человечества. Они уносят десятки и сотни тысячи человеческих жизней, вызывают опустошительные разрушения на огромных пространствах.

В августе 1999 г. землетрясение на северо-западе Турции было эквивалентно подрыву 20 млн т тротила всего за 37 секунд; 7 декабря 1988 г. в Армении произошло Спитакское землетрясение, полностью стершее этот город с лица Земли. Тогда за несколько секунд погибло более 25 000 человек. Ашхабадское землетрясение в ночь с 5 по 6 октября 1948 г. унесло более 100 000 жизней. В Китае в 1920 г. погибло 200 000 человек, а в 1923 г. и 2011 г. В Японии – более 100 000 и 11 000. Этот скорбный список можно продолжать бесконечно (рис. 20). Землетрясения разной силы и в разных районах земного шара происходят постоянно.

В год в среднем на планете происходит около 18 значительных землетрясений силой 7–8 баллов и одно сильное – 8 баллов. В 1999 г. таких землетрясений было 20.

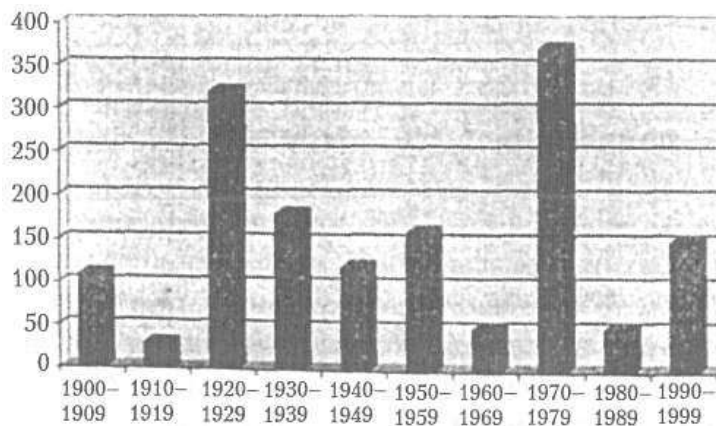


Рис. 20. Людские потери при землетрясении в мире в XX в., тыс. человек (по данным А. В. Балахонова, 2005)

Ученые разных стран изучают: а) причины возникновения землетрясений; б) методы прогноза в трех измерениях – в пространстве, во времени и интенсивности – где (местоположение), когда (время), какой силы (интенсивность) можно ожидать опасные «вспышки» стихии. К сожалению,

непосредственно предсказать время землетрясений пока еще не удается.

### 5.1.1. Основные понятия

**Землетрясением** (от греч. *seismes* – трясение) называется колебание (или толчки) земной коры, вызванное внезапным освобождением потенциальной энергии земных недр в виде упругих продольных и поперечных волн, которые распространяются во всех направлениях.

Землетрясение протекает неожиданно, быстро, нанося значительные разрушения. Количество выделяемой энергии самого крупного землетрясения в 1000 раз превосходит энергию взрыва атомной бомбы и сопоставимо со взрывом водородной бомбы (рис. 21).

К основным характеристикам землетрясений относятся:

- 1) очаг землетрясения (гипоцентр);
- 2) интенсивность сейсмических колебаний грунта;
- 3) магнитуда землетрясения (сила землетрясения);
- 4) сейсмические волны, возникающие при землетрясении.

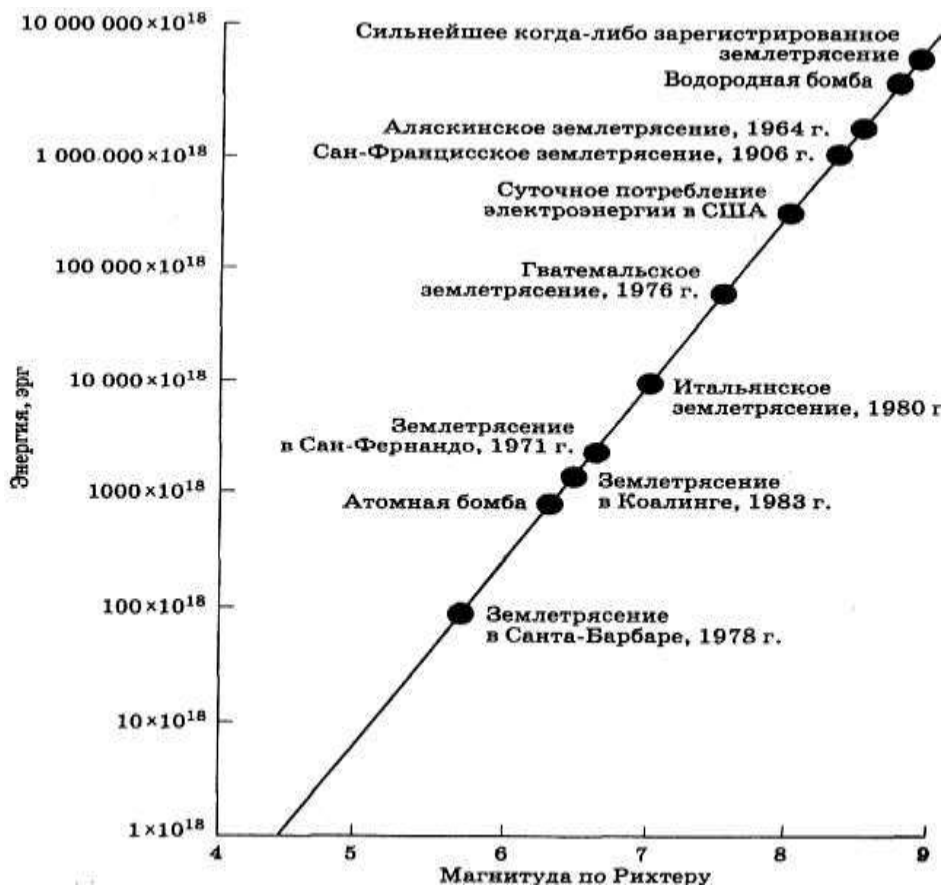


Рис. 21. Выделение энергии при землетрясениях разной силы (по Н.В. Короновскому, 2003)

1. *Очаг* – это пространство (объём), внутри которого заключены все сопровождающие землетрясение первичные деформации. *Гипоцентром*, или *фокусом*, землетрясения называют условный центр очага на глубине, а *эпицентром* – проекцию гипоцентра на поверхность Земли (рис. 22). Зона сильных колебаний и значительных разрушений сооружений при землетрясении называется *плейстосейстовой областью*. Чаще всего очаги землетрясений сосредоточены в земной коре на глубине 10–30 км.

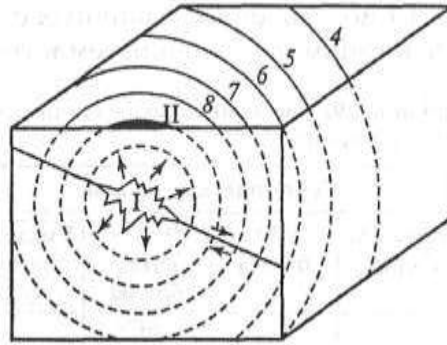


Рис. 22. Очаг землетрясения и распространение сотрясений в объеме породы (по Н.В. Короновскому и др., 2003):

I – область очага, или гипоцентр; II – проекция гипоцентра на поверхность Земли – эпицентр. Линии изосейст на поверхности – линии равных сотрясений в баллах (8–4)

Как правило, основному подземному сейсмическому удару предшествуют локальные толчки – *форшоки*. Сейсмические толчки, возникающие после главного удара – *афтершоки*.

По глубине очага различают землетрясения:

- *неглубокие*,  $h \leq 70$  км, в том числе приповерхностные (<10 км);
- *промежуточные*,  $h = 70 \div 300$  км;
- *глубокие*,  $h > 300$  км (до 700 км).

2. Для количественной оценки силы землетрясений существуют различные показатели и шкалы. Часто масштабы проявления землетрясений оцениваются по *интенсивности* – внешнему сейсмическому эффекту (в *баллах*) на поверхности земли. Интенсивность выражается в определенном смещении грунтов, степени разрушения зданий, появлении трещин на поверхности и т.д. Как видим, интенсивность толчка – это мера проявления колебаний и разрушений, вызванных землетрясением, по мере удаления от очага. В России используется 12-балльная шкала интенсивности (MSK–64).

Расшифровка аббревиатуры этой шкалы соответствует начальным буквам фамилий ее создателей – С.В. Медведева, В. Шпонхойера и В. Карника – и году ее принятия. В США и в ряде других стран принята предложенная итальянским сейсмологом Меркалли и позднее усовершенствованная шкала ММ. Значительно отличается шкала балльности,



употребляемая в Японии (Болт, 1981). Все эти шкалы калибруют интенсивность сотрясений на поверхности Земли.

Шкала MSK-64 подразделяет землетрясения по интенсивности проявления на поверхности на 12 разрядов, японская – на восемь. Согласно шкале MSK-64 принята следующая градация интенсивности землетрясений (вставка 4).

**Вставка 4**

I – III – слабые;  
IV – V – ощутимые;  
VI – VII – сильные (разрушаются ветхие постройки),  
VIII – разрушительные (частично разрушаются прочные здания, падают фабричные трубы);  
IX – опустошительные (разрушается большинство зданий),  
X – уничтожающие (разрушаются мосты, возникают оползни, обвалы);  
XI – катастрофические (изменяется ландшафт);  
XII – губительные катастрофы (изменение рельефа на обширной территории)

Сейсмические колебания ощущаются отдельными людьми, находящимися в покое, при землетрясениях в один балл по японской шкале, два балла по шкале ММ и в три балла по шкале MSK-64; испуг и общая паника среди населения с возможными человеческими жертвами отмечаются при землетрясениях в пять баллов по японской шкале и восемь баллов по шкале ММ и MSK-64. Однако знаний интенсивности землетрясений на поверхности оказалось недостаточно.

3. *Магнитуда* землетрясения по Ч.Ф. Рихтеру (проф. Калифорнийского технологического института, США) также характеризует силу землетрясений по величине амплитуды волн от 0 до 9 по шкале Рихтера (см. ниже). Важно знать и величину энергии, излучаемой из очага. Для этого необходимо измерить на поверхности Земли энергию, приходящуюся на единицу площади, учесть поглощение энергии в пути и энергию, ушедшую во всех направлениях. Указанные определения чрезвычайно сложны, поэтому сейсмологи применяют условную энергетическую характеристику землетрясений, называемую *магнитудой*. Магнитуда – это единица, представляющая собой десятичный логарифм максимальной амплитуды колебаний сейсмографа (в тысячных долях мм), записанных в 100 км от эпицентра землетрясения. Магнитуда – мера

высвобожденной при толчке энергии сейсмических волн. Она имеет единственное значение, так как характеризует конкретный очаг. Шкала магнитуд была впервые предложена американским сейсмологом Ч. Рихтером. Магнитуда землетрясений находится также в простой зависимости от частоты толчков – повышение интенсивности на единицу ведет приблизительно к десятикратному сокращению количества соответствующих землетрясений. Магнитуда ( $M$ ) является наиболее универсальной и физически обоснованной характеристикой землетрясения.

Ч. Рихтер определил магнитуду толчка как безразмерную величину, определяемую выражением

$$M = \lg A_{\max},$$

где  $A_{\max}$  – максимальная амплитуда колебаний на сейсмограмме в микрометрах, измеренная на расстоянии 100 км от эпицентра.

После появления высокочувствительных современных цифровых сейсмографов, позволяющих оценивать поток энергии сейсмических волн в широком частотном диапазоне. В этой шкале магнитуда  $M$  рассчитывается непосредственно по энергии подземного толчка  $E$  (джоулей):

$$M = 2/3 \lg E - 3.$$

Классификация землетрясений по величине и мощности очага ведётся по шкале магнитуд. Верхней границей шкалы магнитуд принято считать значение  $M = 9,5$ . Ему соответствует энергия толчка  $E = 10^{19}$  Дж. Увеличение энергии толчка землетрясения примерно 30 раз соответствует увеличению магнитуды толчка на 1 единицу.

Сила землетрясений в различных частях земной поверхности неодинакова. Она прямо пропорциональна интенсивности первичного толчка, т.е. интенсивности колебаний в гипоцентре, и обратно пропорциональна квадрату расстояния от центра землетрясения (Касахара, 1985). Сила землетрясений зависит также от свойств пород, через которые проходит сейсмическая волна. При прохождении через рыхлые породы и через породы с различными коэффициентами упругости сейсмическая волна ослабевает быстрее, чем когда она проходит по однородным скальным породам. Разрушительные 7–балльные колебания наблюдаются обычно при землетрясениях, начиная с магнитуды 5,5 в районе эпицентра. При сильнейших землетрясениях с магнитудами восемь и выше они проявляются даже на расстояниях от эпицентра в 300–500 км. Чем ближе очаг землетрясения к поверхности, тем больше интенсивность колебаний в эпицентральной зоне, но, в тоже время, она быстрее убывает с расстоянием. Не случайно землетрясения в Москве интенсивностью пять баллов наблюдались в тех случаях, когда их источниками были очаги в Карпатах на территории Румынии, расположенные на глубине 100 и более

километров.

По оценкам сейсмологов, ежегодно на Земле происходит в среднем:

- 1 землетрясение с магнитудой от 8,0;
- 10 землетрясений с магнитудой от 7,0 до 7,9;
- 100 землетрясений с магнитудой от 6,0 до 6,9;
- 1000 землетрясений с магнитудой от 5,0 до 5,9;

Спитакское катастрофическое землетрясение имело, например, магнитуду 6,9, и 7-балльная зона охватила площадь в 4000 км<sup>2</sup>.

4. *Сейсмические волны, возникающие при землетрясении.* Известно, что до 10 % энергии, выделяющейся при землетрясении, превращается в энергию сейсмических волн. Они распространяются во все стороны от гипоцентра землетрясения. Сейсмические волны могут быть двух типов – *объёмные и поверхностные*. В гипоцентре землетрясения зарождаются сейсмические волны объёмного типа – *продольные и поперечные*. По достижении земной поверхности они пробуждают сейсмические волны поверхностного типа. В соответствии с двумя видами деформаций существует два вида волн: *продольные волны (Р-волны)* – это волны сжатия-растяжения, колебание которых осуществляется вдоль линии их распространения. *Поперечные волны (S-волны)* – волны сдвига; колебание волн сдвига происходит в плоскости, перпендикулярной линии распространения волны. Скорость продольных волн больше скорости поперечных ( $v_p \cong 1,73 v_s$ ), в жидких и газообразных средах ( $\mu = 0$ ) поперечные волны отсутствуют. Запись сейсмических колебаний осуществляется сейсмостанциями, расположенными на поверхности Земли (рис. 23). Первыми от землетрясения на сейсмостанцию приходят продольные волны, затем поперечные и поверхностные. Последним соответствуют максимальные колебания почвы и именно они вызывают разрушения на поверхности Земли.

По сейсмическим данным определяют пространственные координаты, энергию и механизмы землетрясения.

На рис. 23 показана глубина гипоцентра ( $h$ ) и эпицентрального расстояние ( $\Delta$  – расстояние от эпицентра до сейсмостанции). Глубина гипоцентра и эпицентрального расстояние определяются из выражения

$$(t_s - t_p) \cdot \frac{v_p \cdot v_s}{v_p - v_s} = \sqrt{h^2 + \Delta^2},$$

где  $t_s$  и  $t_p$  – время прихода поперечной и продольной волн.

Для определения  $\Delta$  и  $h$  необходимы наблюдения минимум на двух станциях.

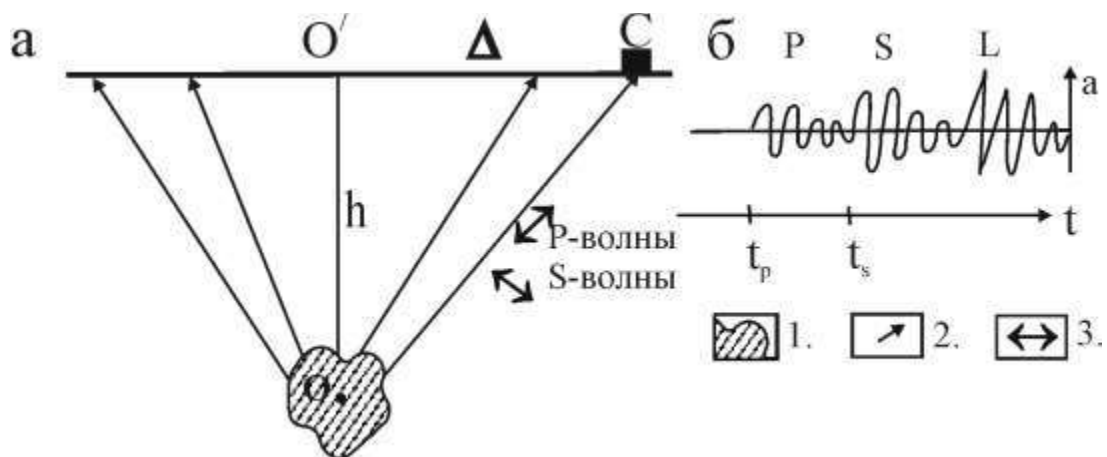


Рис. 23. Схематический разрез области землетрясения (а) и запись сейсмических волн (б): 1 – очаг землетрясения; 2 – направление распространения сейсмических волн; 3 – направления колебаний; О – гипоцентр очага; О' – эпицентр; L – поверхностные волны; а – амплитуда смещения почвы

### 5.1.2. Структурно-геологическая обусловленность землетрясений

Причиной возникновения землетрясений являются тектонические силы (напряжения) в земной коре, которые при освобождении сопровождаются разрывом и смещением твердого вещества в очаге (гипоцентре) и деформациями за пределами очага. Природа этих сил не совсем ясна, но несомненно, что их проявление обусловлено температурными неоднородностями в теле Земли – неоднородностями, возникающими благодаря потере тепла путем излучения в окружающее пространство, с одной стороны, и благодаря добавлению тепла от распада радиоактивных элементов, содержащихся в горных породах (Болт, 1981). Согласно теории упругой отдачи Рида земная кора во многих местах медленно смещается под действием глубинных сил. Дифференцированные движения вызывают упругие деформации, достигающие таких величин, которые породы уже не могут выдерживать. Тогда возникают разрывы, деформированный блок породы мгновенно смещается под действием упругих напряжений в положение, при котором деформация частично или полностью снимается. Это неравномерное продвижение дислокаций приводит к возникновению высокочастотных волн, проходящих через горные породы и вызывающих сейсмические колебания, которые и производят разрушения на поверхности. Таким образом возникают *тектонические* землетрясения. Все землетрясения приурочены к областям высокой современной тектонической активности и связаны либо с сжатием (конвергентная граница литосферной плиты), либо растяжением (дивергентная граница литосферной плиты).

Природа землетрясений остаётся в настоящее время неясной и нераскрытой. Причин, которые вызывают тектонические движения, много.

Вследствие высокой температуры внутри Земли вещество мантии не остаётся неизменным, оно переходит из одного состояния в другое за счёт мантийной конвекции, изменяется его объём. На тектонические движения в недрах земных оказывает влияние и сила тяжести. Более тяжёлые горные породы стремятся опуститься, более лёгкие – подняться.

В XIX в. профессор Н.П. Слигунов [12], а позднее американский учёный Д. Симпсон [14] обратили внимание на сильные магнитные возмущения, сопровождавшие многие катастрофические землетрясения того времени. При землетрясении в г. Ташкенте (1966 г.) было замечено свечение атмосферы над самим очагом. Очевидно, оно было связано с изменением электрического поля Земли. Установлено, что в годы, когда возрастает количество солнечных пятен на солнце, на Земле усиливается тектоническая деятельность. Магнитные бури, бушующие над Землёй, могут влиять на скорость её вращения и интенсивность теллурических токов в литосфере, что и приводит к нарастанию физических напряжений в земной коре. Грузинские учёные обнаружили, что самые сильные и разрушительные землетрясения в Закавказье совпадали с полнолунием.

Землетрясения могут возникать и по другим причинам. Одна из таких причин – вулканическая деятельность в местах, где раздвигаются тектонические плиты. Кроме этого, известны обвальные и техногенные землетрясения. Обвальные – это небольшие землетрясения, возникающие в районах, где есть подземные пустоты и горные выработки. Непосредственная причина колебания грунта заключается в обрушении кровли штолен или пещер. Часто наблюдаемая разновидность этого явления – горные удары. Они случаются, когда напряжения, возникающие вокруг горной выработки, заставляют большие массы горных пород резко, со взрывом отделяться от массива, возбуждая сейсмические волны.

Последний тип землетрясений – это *техногенные* (искусственные), связанные исключительно с деятельностью человека. Взрывные, или, как чаще их называют, наведенные, землетрясения возникают при обычных или ядерных взрывах. Когда на большой глубине взрывается ядерное устройство, то высвобождается огромное количество ядерной энергии. Отметим также, что наведенные землетрясения связаны не только с военной, но и с другой деятельностью человека.

### **5.1.3. Общие черты землетрясений в мире и на территории России**

Тектонические землетрясения, с которыми часто пространственно совпадают и вулканические землетрясения, формируют *сейсмические пояса* на земном шаре.

География землетрясений носит закономерный характер и хорошо объясняется теорией тектоники литосферных плит. Наибольшее количество землетрясений связано с такими зонами, где плиты либо сталкиваются,

либо расходятся и наращиваются за счет образований новой океанической коры. На платформах очагов землетрясений нет.

Самым мощным сейсмическим поясом, в котором происходят 80 % всех землетрясений земного шара, является Тихоокеанский океанический пояс, или Огненный пояс. Это зона подвига океанических плит: западное тихоокеанское кольцо, Индонезия, островные дуги (Курильская, Алеутская, Японская, Филиппинская, Ява, Суматра и т.д.), побережье Северной Америки, Карибский регион, Средиземноморье. Плиты, словно потрескавшийся лёд, покрывают полужидкую мантию и приводятся в движение колоссальной тепловой энергией земного ядра. Здесь происходят самые мощные землетрясения, например рекордное в мировой истории Великое чилийское (1960) магнитудой 9,5 по шкале Рихтера и землетрясение в Кобе (1995), унесшее 6433 человеческих жизней. Здесь же ежедневно регистрируются сотни микроземлетрясений.

Другим районом высокой сейсмической активности считается Альпийско-Гималайский пояс, включающий 5–6 % всех землетрясений. Он протягивается от Средиземного моря, Гималаев (вставка 5), Памира, Тянь-Шань, Средней Азии, пересекая территории Греции, Турции, Армении, Ирана, Пакистана, Афганистана, побережье Алжира, достигая северной Индии. Это зоны столкновения литосферных плит с континентами.

Сейсмоопасными зонами России являются Тихоокеанский и Евразийский тектонические пояса (рис. 24). Здесь океанические плиты субдуцируют – погружаются под континенты.

#### **Вставка 5**

Город Кашмир (Пакистан – в районе Гималаев), 8 октября 2005 года. «Сначала я думал, что это сон, – вспоминает Набиль Ахмад. – Но, открыв глаза, понял, что мир трясётся». По официальным данным погибло около 75 тыс. человек, но, скорее всего, гораздо больше умерло от отсутствия экстренной помощи. С наступлением зимы оползни и снегопады отрезали множество посёлков от Большой земли, сделав их почти недоступными для спасательных и медицинских служб

Большей сейсмичностью характеризуется Тихоокеанский тектонический пояс – Курильские острова и Камчатка, где непрерывные инструментальные наблюдения проводятся с 1904 г. За это время, по данным Т. Асада [7] установлено, что Курильские острова и Камчатка относятся к наиболее сейсмичным областям земного шара. На основании каталогов землетрясений можно подсчитать, что с 1904 г. в КурилоКамчатской зоне произошло в 150 раз больше землетрясений на единицу площади, чем в среднем по всему земному шару. Установлено, что землетрясения, за исключением очень глубоких, происходят преимущественно между

глубоководной впадиной и поясом вулканов. Глубина очагов землетрясений возрастает по направлению к континенту, достигая 650 км под дном Охотского моря.

Сейсмические явления с глубиной залегания очагов 200 и 300 км свойственны двум другим хорошо выраженным реликтовым зонам субдукции Евразийского тектонического пояса – зоне Вранча в Восточных Карпатах и Памиро-Гиндукушу – в Центральной Азии. Внутрикоровые очаги крупнейших землетрясений с магнитудой  $M > 8$  характерны для Иран-Кавказ-Анатолийского, Памиро-Тянь-Шаньского, АлтайСаяно-Байкальского регионов (В.И. Осипов, 2001) [48].

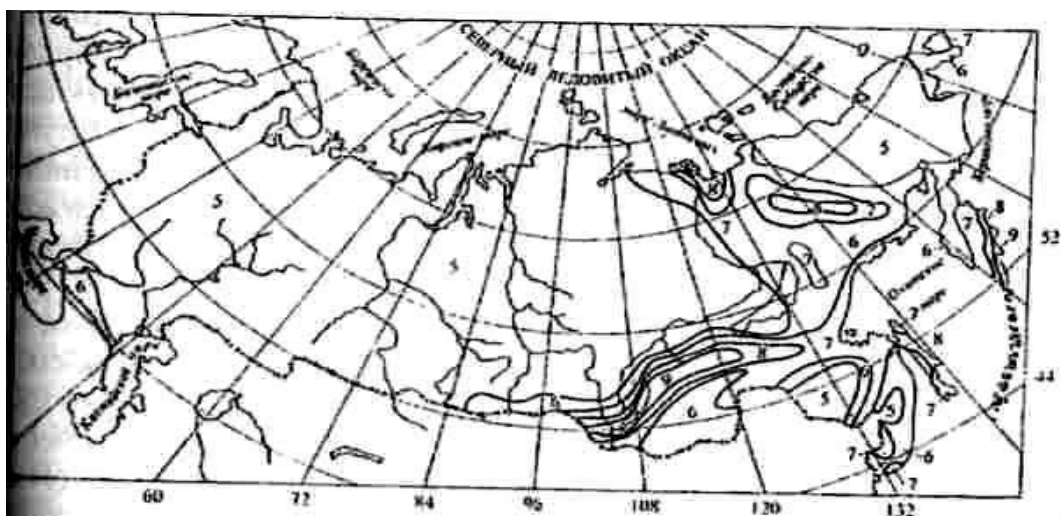


Рис. 24. Схема сейсмического районирования территорий России (Условные обозначения: цифры – интенсивность землетрясений, баллы)

Рекордным годом в России считается 1943 г., когда было зарегистрировано 41 землетрясение (В.И. Осипов, 2001) [43]. Сопоставление различных сейсмических шкал по последствиям проявления землетрясений приводится в табл. 4.

Таблица 4

Сопоставление различных сейсмических шкал  
по последствиям проявления землетрясений

Сейсмические шкалы				Последствия проявления землетрясений	
MSK-64, баллы	MM, баллы	Япон- ская, баллы	Рихтера, магни- туда	Инженерные	Экологические
I	I	0	< 2	Колебания почвы отмечаются приборами	Испуг животных
II–III	II	I	2	Покачивание свободно подвешенных предметов	Ощущается отдельными людьми, находящимися в покое на верхних этажах зданий
IV	III	II	3	Висящие предметы колеблются, стоящие машины иногда дрожат	Ощущается многими людьми внутри помещений, а вне помещений – только отдельными людьми
V	IV	III	4	Сдвигается с места посуда, открываются (закрываются) двери и окна, стены трещат, стоящие машины дергаются	Ощущается всеми людьми внутри и вне помещений
VI	V	IV	4,5	Трещины в штукатурке, трескаются стекла окон, неустойчивые предметы падают	Люди пугаются, выбегают из помещений, теряют равновесие
VII	VI–VII	V	5–5,5	Откалывание отдельных кусков штукатурки, тонкие трещины в стенах, разрушение дымовых труб	Население испугано, покидает здания
VIII	VIII		6	Падают дымовые фабричные трубы, колонны, памятники, стены, опрокидывается тяжелая мебель	Общий испуг и паника среди населения, возможны человеческие жертвы
IX	IX	VI	6,5	Значительные повреждения в специально сконструированных постройках, дома сдвигаются со своих фундаментов, разрывы подземных трубопроводов	Общая паника среди людей и животных, массовая гибель людей
X	X		7	Разрушение деревянных сооружений, искривление ж/д рельсов	
XI	XI	VII	7,5–8	Не обрушаются только отдельные строения (каменной кладки), мосты разрушаются	
XII	XII		> 8	Полное разрушение зданий	

Землетрясения подчиняются некоторым общим закономерностям:

- по карте сейсмического районирования для них установлена определённая пространственная приуроченность;
- чем больше мощность землетрясения, тем реже оно случается, и наоборот;
- всем стихийным бедствиям, в том числе и землетрясениям, предшествуют специфические признаки, или предвестники;



- землетрясения могут быть предсказаны в пространстве, но не во времени;
- должны быть предусмотрены антисейсмические мероприятия от землетрясений.

Зная эти закономерности, человек не в состоянии воздействовать на глубинные разломы и тектонические процессы, происходящие в земной литосфере. Но можно уменьшить разрушительные последствия землетрясений. Необходимо изучать степень сейсмического риска при выборе места строительства с учётом геолого-тектонических условий сейсмоопасных территорий и вести строительство с учётом сейсмичности (высокое качество строительных работ, выбор сейсмически стойких строительных конструкций и материалов).

#### **5.1.4. Прогноз землетрясений**

Прогнозирование землетрясений является наиболее важной проблемой. Ученые во многих странах мира занимаются этой проблемой, но она еще далека от разрешения. Точными и многочисленными инструментальными исследованиями землетрясений покрыта территория Японии и Калифорнии, но жертвы нередки и там. Человеческие жертвы и ущерб, по-видимому, определены недалёковидными и корыстными действиями самих людей при выборе места, конструкции и технологии строительства зданий и сооружений.

Прогноз включает в себя как *сейсмическое районирование*, так и выявление *предшественников землетрясения*.

*Сейсмическое районирование* – выделение областей, в которых можно ожидать землетрясения определенной магнитуды или балльности. Сейсмическое районирование разного масштаба проводится на основании учета множества особенностей: геологических, тектонических и других. Карты сейсмического районирования несут информацию о распространении землетрясений в том или ином районе. В границах бывшего СССР карта сейсмического районирования впервые была составлена Г.П. Горшковым в 1936 г. С тех пор эта карта несколько раз уточнялась и переиздавалась.

Для территории России составлен комплект новых карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (Уломов В.И., 2004) – ОСП-97 А, В, С, созданный в Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН) при участии многих других организаций геолого-геофизического и сейсмологического профиля. Общее сейсмическое районирование

масштаба (1:8 000000) впервые осуществлено для всей территории Российской Федерации, включая платформенные территории и шельфы окраинных и внутренних морей. Этот комплект карт включён в Строительные нормы и правила – СНиП II–7–81\* «Строительство в сейсмоопасных районах» и принят в 2000 г. Госстроем России в качестве нормативных документов, выполнение которых является обязательным для всех проектных и строительных организаций, осуществляющих работы на территории страны [13]. На картах показана интенсивность сейсмической активности в баллах (6–10 баллов) для средних геологических условий (песчано-глинистые грунты с глубиной залегания подземных вод более 6 метров), а также место землетрясения. Карты характеризуют разную степень сейсмической опасности на трёх уровнях вероятности – 90 % (карта А), 95 % (карта В), 99 % (карта С): вероятность возможного превышения интенсивности в течение 50 лет (ОСП-97-А – 10 %; ОСП-97-В – 5 %; ОСП-97-С – 1 %). Время не прогнозируется.

Новые карты ОСР-97 впервые позволили количественно оценивать степень сейсмического риска для конкретных строительных объектов. Карта ОСП-97-А, соответствующая 500-летнему периоду повторяемости сейсмических воздействий, рекомендуется для использования при массовом строительстве (такая степень риска приемлема в большинстве стран мира). Карты ОСП-97-В и ОСП-97-С, соответствующие 1000и 5000-летнему периодам повторяемости сотрясений, предназначены для использования при проектировании и строительстве объектов повышенной ответственности и особо ответственных объектов.

В объяснительной записке к ОСП-97 и СНиП II–7–91 помещён список новых городов и населённых пунктов субъектов Российской Федерации, расположенных в сейсмоопасных районах, с указанием для них по каждой из карт (ОСП-97-А, В, С) ожидаемой сейсмической интенсивности на трёх уровнях риска (10, 5 и 1 %) возможного превышения расчётных сейсмических воздействий в течение каждых 50 лет. Например, г. Бийск (Алтайский край) имеет сейсмическую интенсивность по шкале MSK-64 ОСП-97-А – 7 баллов; ОСП-97-В – 8 баллов; ОСП-97С – 8 баллов.

Для грамотного проектирования антисейсмического строительства сейсмоопасных районов составляются карты более крупного масштаба – *сейсмического микрорайонирования*. Цель их – уточнение балльности участка с учётом конкретных геологических (грунтовых) условий. Она необходима проектировщикам для грамотного проектирования антисейсмического строительства, т.е. правильного выбора строительной

площадки, типа фундаментов, специальных конструктивных мероприятий.

Существует большое количество разнообразных *предшественников землетрясений*, начиная от собственно геофизических и кончая гидродинамическими и геохимическими методами.

Обнаружить на ранней стадии возникновение сейсмической опасности позволяет созданный в институте физики Земли прибор – геофон с магнитоупругим сенсором для измерения подземного фонового звука на недоступной ранее глубине. Другими предвестниками землетрясений являются быстрый рост частоты слабых толчков (форшоков), деформации земной коры, улавливаемые с помощью лазерных источников света спутниками из космоса, содержания радона в воде, изменения колебания уровня подземных вод и т.д. Косвенные признаки сильного землетрясения должен знать каждый, проживающий на сейсмоопасной территории:

- резкое изменение уровня воды в водоемах и колодцах;
- изменение температуры воды в водоёмах и ее помутнение;
- яркие вспышки, столбы света, светящиеся шары, зарницы, красноватые отблески на облаках и земле;
- появление необычных запахов (газ радон);
- за несколько часов до землетрясения устанавливается необычайная тишина;
- нарушения в работе радио, телевизора, электромагнитных приборов, компаса;
- самопроизвольное свечение люминесцентных ламп;
- аномальное поведение животных.

К ним можно отнести и поведение животных и насекомых перед землетрясением: кошки покидают селение и переносят котят в луга; домашние животные впадают в панику; муравьи за несколько часов до толчка покидают муравейники, захватив своих «куколок». Верным «рыбьим сейсмографом» в аквариумах японцы считают зубатку и угря. Хорошо чувствуют приближение «подземных гроз» голуби, ласточки, воробьи. Собаки проявляют перед землетрясением повышенную беспокойность и даже пытаются спасти своего хозяина перед началом страшных подземных толчков.

Вовремя прочесть эти признаки – значит, гарантированно спастись. Жителям сейсмоопасных зон надо всегда быть готовыми к неприятным сюрпризам природы. Лучшая защита от них – прочные здания, а значит строгого соблюдения сейсмостойкого строительства.

### 5.1.5. Оценка последствий катастрофических землетрясений

Землетрясение – это бедствие с прямым и косвенным (вторичным) воздействием на природную среду в виде оползней, цунами, пожаров, снежных лавин и т.д. Оно вызывает огромное число жертв и большие материальные убытки. Землетрясения опасны тем, что они относятся к быстродействующим геологическим процессам. Продолжительность главного толчка, характеризующегося наибольшей магнитудой, редко достигает минуты, обычно это несколько секунд. Это бедствие застает людей врасплох, поэтому приводит к большим жертвам. В сейсмически опасных регионах проживает более половины населения Японии, в Китае – одна треть, в США – одна седьмая, в России – менее одной сотой части населения. Каждый январь эксперты ООН подводят итоги прошедшего года по сейсмической активности.

Так, общий ущерб от разрушений зданий в Каракасе при землетрясении в 1967 г. превысил 100 млн долл., при этом погибло 250 человек. Исключительно тяжелым по своим социально-экономическим последствиям было Спитакское (9–10 баллов) землетрясение 7 декабря 1988 г., когда число погибших превысило 25 тыс. человек, а убытки составили свыше 8 млрд р.

Землетрясение в Китае в 1976 г. унесло больше жизней, чем любое другое в XX в. – по разным оценкам количество жертв составило от 255 до 600 тыс. человек. Установлено, что основная причина гибели людей при землетрясениях – обрушение зданий. Количество человеческих жертв зависит от типа жилья и качества строительства. Там, где люди живут в юртах, человеческие жертвы практически полностью исключаются даже при землетрясениях максимальной интенсивности, как в случае 12-балльного ( $M = 8,5$ ) Гоби-Алтайского землетрясения 1957 г.

Следствием ошибочного отнесения района г. Нефтегорска к несейсмичным явилось строительство в 1960-е гг. несейсмостойких крупноблочных зданий, которые были полностью разрушены в результате землетрясения на Сахалине 25 мая 1995 г., унесшего 1989 человеческих жизней. Учет новых данных сейсмического районирования предопределил строительство в этом городе в 1979–1983 гг. сейсмостойких зданий, рассчитанных на семь баллов по шкале MSK-64. По данным Л. Коффа (1995), эти здания выдержали сейсмическое воздействие и сохранились.

## Лиссабон (Италия), 1755 год. Описание очевидца.

«Беда случилась внезапно. Утром, еще не одетый, я услышал треск. Я побежал посмотреть, в чем дело. Каких только ужасов я не насмотрелся. Больше чем на локоть земля то поднималась вверх, то опускалась. Дома рушились со страшным грохотом. Возвышающийся над нами монастырь раскачивался из стороны в сторону, грозя каждую минуту раздавить нас. Страшной казалась и земля, которая могла поглотить нас живыми. Людям не было видно друг друга: солнце было в каком-то мраке. Казалось, что настал день страшного суда. Это трясение длилось более 8 минут. Затем все успокоилось.

Мы бросились на площадь, лежащую недалеко. Пробираться пришлось среди разрушенных домов и трупов, не раз рискуя погибнуть. На площади собралось не менее 4000 человек: одни полуодеты, другие совсем нагие. Многие были ранены, лица у всех были покрыты смертельной бледностью. Находившиеся среди нас священники давали общее отпущение грехов.

Вдруг снова все началось и продолжалось 8 минут. После этого целый час тишина не нарушалась. Целую ночь мы провели в этом поле под открытым небом. Сам его величество король принужден был жить среди поля, и это приободрило нас.

Чудные громадные церкви, подобных которым нет и в самом Риме, были разрушены. Вечером, в 11 часов, в разных местах показался огонь. Что спаслось от землетрясения, то уничтожил пожар.

Со вторым толчком связана еще одна трагедия. Многие жители искали спасения от землетрясения на набережной реки, которая привлекала их своей прочностью. Приземистая и массивная набережная казалась очень надежной. Но с новыми ударами фундамент начал оседать и все сооружение вместе с обезумевшими от ужаса людьми бесследно исчезло в водной стихии. Спасти никого не удалось».

Число жертв Лиссабонского землетрясения составляет около 50 тыс. человек.

Приведем список крупнейших землетрясений с человеческими жертвами (табл. 5).

Количество человеческих жертв также зависит:

а) от времени начала землетрясения и продолжительности сейсмических колебаний;

б) глубины очага и нахождения населенного пункта от эпицентра и силы сейсмическ

их волн;

в) от конструктивных особенностей зданий и качества их строительства;

г) типа и состояния грунта основания;

д) наличия в плейстоценовой зоне взрывопожароопасных объектов, плотин, АЭС и т.д.

Таблица 5

Крупнейшие землетрясения в мире и России

с человеческими жертвами (Трухин и др., 2003, с допол. автора)

Дата	Место	Число погибших	Магнитуда
1939, 26.12	Турция	25 000	7,9
1940, 10.11	Карпаты, Румыния	1000	7,0
1943, 10.11	Тоттори, Япония	1 400	7,4
1948, 28.06	Фукусима, Япония	5 300	7,3
1948, 05.10	Ашхабад, Туркменистан	110 000	7,3
1960, 22.05	Чили	10 000	8,9
1976, 28.06	Хэбэй, Китай	600 000	7
1988, 07.12	Спитак, Армения	25 000	6,8
1995, 25.05	Нефтегорск, Россия	1989	8,5
2001, январь	Гуджатар, Индия	20 000	7,7
2011, 11.03	Япония	27 000	8,5

К последствиям землетрясений, кроме явлений тектонического характера (образование трещин, сбросов и сдвигов), относятся:

1) различные изменения рельефа местности, вызванные перемещениями поверхности по сбросам, оползнями, обвалами, подпруживанием рек и образованием озер;

2) извержение газов, воды и грязи, напоминающие деятельность грязевых потоков;

3) разрушение искусственных сооружений, пожары.

Сейсмические воздействия проявляются на поверхности земли в виде разрывов в горных породах и относительного смещения разделяемых блоков горных пород в очаге. Процесс сопровождается не только механическими колебаниями толщи грунта, но и пиковыми электромагнитными излучениями, влияние которых на биологические объекты и окружающую среду может быть весьма существенным, особенно в случае выхода очагового разрыва на поверхность. Фиксировать воздействия этого рода в краткие мгновения разрывообразования чрезвычайно трудно, а подчас и невозможно.

Разрушительное действие землетрясений на искусственные сооружения зависит от силы толчка, характера сотрясения, угла выхода удара, направления сейсмического луча по отношению к постройке, свойств грунта и качества построек. Естественно, что чем сильнее удар, тем он губительнее для любого рода искусственных сооружений. Однако при одной и той же силе удара степень разрушений может оказаться различной в зависимости от характера сотрясений. Вертикальные колебания, характеризующиеся малыми амплитудами, как правило, менее опасны для зданий, чем колебания горизонтальные. Наиболее подвержена горизонтальным движениям нижняя часть здания – 1-й этаж и фундамент. Подбрасывание и поворот крыш наблюдается редко. При этом стены разбиваются неправильной системой

трещин, у непрочных построек стены разрушаются, а крыша накрывает развалины. Такие разрушения имели место близ эпицентра Ашхабадского землетрясения 1948 г.

Катастрофические последствия землетрясений часто усиливаются пожарами, возникающими от развалившихся во время топки печей, от коротких замыканий электропроводки, разрывом газовых труб и т.п. Борьба с пожарами затрудняется тем, что первые толчки землетрясений обычно выводят из строя водопроводы, разрывая трубы. Город Сан-Франциско был уничтожен в 1906 г. не столько самим землетрясением, сколько пожаром, с которым не смогли справиться из-за порчи водопровода. На железных дорогах землетрясения вызывают деформацию насыпей – их разрыв, смещение и выбрасывание железнодорожного полотна, а также деформацию рельсов. Мосты и эстакады испытывают очень сильные разрушения даже при металлической или железобетонной конструкции.

Последствия землетрясений особенно катастрофичны, когда они приводят к активизации экзогенных гравитационных процессов, таких как обвалы, оползни, лавины, сели и пр. Во время Сарезского землетрясения в 1911 г. на центральном Памире огромная масса обломочного материала объемом более 2 млрд м<sup>3</sup> обрушилась с правого борта долины р. Бартанг, обусловив образование узкого и глубокого Сарезского озера. Под завалом был погребен кишлак с людьми, под водой нового озера оказался второй кишлак. Образовавшееся Сарезское озеро породило массу дополнительных проблем, связанных с возможностью прорыва перемычки.

#### **5.1.6. Антисейсмические мероприятия и рекомендации по поведению людей при землетрясении**

Стихийное бедствие, такое как землетрясение, чаще всего связано с массовым травматизмом или гибелью людей, психическим шоком, паникой, частичной или полной утратой имущества. Статистические данные утверждают, что в среднем 1 человек из 8 тысяч, проживающих на Земле, погибает при землетрясении.

Выживание в зоне стихийного бедствия обеспечивается тремя основными факторами:

- а) умением распознать приближение стихийного бедствия и подготовиться к нему;
- б) знаниями приемов самоспасения в зоне бедствия;
- в) психологической подготовкой к действию в особо сложных условиях, которое создает любое стихийное бедствие.

Различают две группы антисейсмических мероприятий:

*Предупредительные, профилактические* мероприятия, осуществляемые до предполагаемого землетрясения.



*Действия в чрезвычайных ситуациях* (мероприятия, выполняемые до землетрясения, во время и после землетрясения).

*Предупредительные мероприятия* включают:

а) исследование генезиса, причин, механизма, предвестников данного землетрясения;

б) выбор и разработку методов прогноза землетрясения на данной территории. Необходимо составить крупномасштабную карту микросейсмического районирования для осуществления правильного выбора места расположения населенных пунктов

*Профилактические мероприятия* включают: 1) создание прогнозных региональных комиссий; 2) строительство зданий и сооружений с учётом карт сейсмического районирования; 3) организацию специальных служб (спасатели, медицинская помощь, пожарные); 4) создание запасов материальных ресурсов, продовольствия, медикаментов, одежды, палаток, отопительных приборов, питьевой воды и др.; 5) просвещение и обучение правилам поведения в условиях сейсмоопасности.

Население сейсмоопасных зон должно знать:

1) сильнейшие землетрясения силой 9 баллов и более повторяются в одном и том же месте не чаще 200–400 лет;

2) повторение катастрофических землетрясений силой 7–8 баллов возможно и через год;

3) после главных толчков могут последовать другие не менее опасные, а минимальное расстояние между эпицентрами повторных землетрясений может составлять 10 км и более;

Основными причинами несчастных случаев при землетрясениях являются:

- обрушение отдельных частей зданий, балконов, кирпичей, стёкол;
- падение разорванных электрических проводов;
- пожары, вызванные утечкой газа из повреждённых труб;
- неконтролируемые действия людей в результате паники. Причины травм и гибели людей можно уменьшить, если знать по-

рядок действий в чрезвычайных ситуациях и выполнять ряд рекомендаций. *Действия в чрезвычайных ситуациях* распределены по фазам землетрясения (рис. 25).

*До землетрясения:* наметить заранее план действий в сейсмоопасных районах (иметь список телефонов медицинской помощи, представителей МЧС РФ, определить пути выхода из здания, знать места отключения электричества, газа) необходимо иметь в легкодоступном месте батарейный радиоприемник, карманный фонарик, аптечку, неприкосновенный запас продуктов, документы.

*Во время землетрясения:* надо быть готовым действовать, сообразуясь с конкретной обстановкой. Чем быстрее человек среагирует на опасность, тем

больше останется шансов на спасение. Ощувив колебания здания, увидев качание светильников, падение предметов, услышав нарастающий гул и звон бьющегося стекла, не поддавайтесь панике. У вас есть 15–20 секунд. Быстро выйдите из здания, взяв документы, деньги и предметы первой необходимости. Покидая помещение, спускайтесь по лестнице, а не на лифте. Оказавшись на улице, оставайтесь там, но не стойте вблизи зданий, а перейдите на открытое пространство. Надо спасаться там, где вы находитесь. Если оказались на высоком этаже в помещении – надо отключить газ, воду, электричество, оставаться на месте внутри здания у опорных стенок или в дверном проеме, или под столом.



Рис. 25. Порядок действий при землетрясении

Если вы едете в автомобиле, после начала землетрясения надо остановиться в таком месте, где не будут созданы помехи транспорту, и оставаться в машине.

*После землетрясения:* оценить силу и масштабы стихийного действия, оказать помощь пострадавшим, проверить газ, электричество, водопровод, слушать радио, не занимать телефон, не ходить без обуви, не приближаться ни к зданиям, ни к морю из-за возможного цунами. Надо быть готовым к повторным толчкам, которые могут случиться через минуту или через несколько суток. Нельзя передавать вымышленные сведения, а пользоваться только официальными сообщениями.

Во всех случаях надо действовать согласно правилам и рекомендациям службы по ЧС и в соответствии с планом аварийных мероприятий, подчиняться указаниям местных властей и штаба по ликвидации последствий стихийного бедствия.

При выборе места строительства зданий и сооружений на территории с силой землетрясений более 6 баллов следует учитывать все геологические

факторы, определяющие устойчивость здания: близость крутых склонов и откосов, где развиты оползни, обвалы, осыпи; рыхлые и водонасыщенные грунты; пойменные и болотистые участки, участки с высоким уровнем грунтовых вод. Скальные породы – наилучший вариант для основания крупных сооружений. Отражение инженерногеологических условий на выбираемой площадке строительства в сейсмоопасных районах должно быть на крупномасштабных картах сейсмического микрорайонирования.

В конструктивных особенностях строительства домов предусматриваются антисейсмические пояса, прочный фундамент без подвалов. Доказано, что железобетонные здания сравнительно устойчивы, однако деревянные, стальные и укрепленные каменные дома также могут быть сейсмостойкими, если они хорошо сконструированы и добротны построены. Для этого применяются соответствующие элементы жесткости и крепления: связывающие скобы, подпорки и стойки, анкерные болты. Наиболее безопасной является та конструкция, вторая будет гибкой и сможет двигаться как единое целое, т.е. так, чтобы отдельные ее части не ударились друг о друга. Обеспечение сейсмостойкости – обязательное требование при строительстве в сейсмоопасных районах. Необходимое увеличение стоимости строительства составляет, по инженерной оценке, менее 10 %, если соответствующие проблемы решаются на стадии проектирования. Строительные и страховые компании должны учитывать разный уровень риска в связи с особенностями геологической обстановки с помощью карты сейсмической опасности. Все эти меры контроля – путем районирования, совершенствования строительных норм и классификации зданий по уязвимости – необходимо применять для предотвращения человеческих жертв в районах сейсмической опасности.

### **5.1.7. Ликвидация последствий землетрясений**

Массовые разрушения жилых и общественных зданий на большой территории, повреждение дорог, выход из строя объектов энергообеспечения, коммунальных сетей, гибель людей и животных – всё требует решения сложных задач по ликвидации последствий землетрясений.

В ходе ликвидации землетрясения выделяют два основных этапа:

1. Поисково-спасательные и другие неотложные работы.
2. Восстановление социально-экономического потенциала зоны бедствия.

*Поисково-спасательные работы* для спасения людей, оказавшихся под развалинами разрушенных зданий и сооружений организуют структурные звенья местного общественного и хозяйственного управления, а также федеральные и региональные руководители МЧС в возможно короткие сроки.

При спасательных работах необходимо: а) определить объём и степень повреждения зданий и сооружений (см. методику в рабочей тетради); б) выявить места наибольшего скопления пострадавших; в) осуществить поиск и извлечение пострадавших из-под завалов; г) оказать им первую медицинскую помощь с последующей эвакуацией в стационарные медицинские учреждения; е) извлечь из-под завалов погибших людей, провести их регистрацию и организацию похорон.

По другим неотложным работам необходимо: а) тушить пожары; б) ликвидировать аварии на коммунально-энергетических сетях; в) расчистить подъездные пути, площадки и дороги; г) произвести обрушение конструкций зданий и сооружений, угрожающих обвалом; д) организовать службы для пресечения случаев воровства и мародёрства и т.д.

По материальному и техническому обслуживанию необходимо: а) укомплектовать формирование спасательных служб автокранами, экскаваторами, погрузчиками, бульдозерами, автосамосвалами, средствами малой механизации с обеспечением их горюче-смазочными материалами; б) своевременно обеспечить личный состав спасательных служб сменным обмундированием, средствами индивидуальной защиты, необходимым инструментом и оборудованием; в) обеспечить условия жизнедеятельности личного состава спасательных служб.

По обеспечению жизнедеятельности населения пострадавших населённых пунктов необходимо: а) обеспечить пострадавшее население тёплыми вещами и предметами первой необходимости, питанием, водой, палатками и т.д.; б) обеспечить профилактику и предупреждение инфекционных заболеваний среди населения, а также своевременную изоляцию заболевших; в) проведение комплекса мероприятий по ликвидации психологических травм и шоковых состояний, организовать справочно-информационные службы о местах нахождения эвакуированного населения.

*Восстановление социально-экономического потенциала* зоны бедствия заключается в возобновлении производственной деятельности промышленности и объектов инфраструктуры, а также другие работы в интересах жизнедеятельности населения.

Иногда действия человека, вопреки рекомендации, запрещающей приближаться к полуразрушенным зданиям, может быть связано с попытками поиска и освобождения потерпевших родственников из-под обломков зданий до прибытия спасателей. Тогда надо: а) объявив час тишины, проводить поиск прослушиванием; б) разбирать завал сверху; в) обеспечить доступ воздуха к пострадавшему; г) оказать первую медицинскую помощь. Нельзя: а) шуметь в зоне поиска; б) ходить по руинам без крайней необходимости; в) пытаться разбирать завалы сбоку, вытягивая балки; г) искать вещи раньше людей.

## 5.2. Извержения вулканов

Роль вулканов в жизни Земли огромна. Вулканизм – глобальный геологический процесс, развивающийся на протяжении всей истории Земли. Вулканизм – «часть той силы, что вечно хочет зла и вечно совершает благо» (Гёте «Фауст»).

Вулканы следует считать глобальными «созидателями». За всё время своей «работы» на планете, т.е. за 4 млрд лет, вулканы «наработали»  $2,2 \cdot 10^{18}$  т оксида водорода  $H_2O$ . Вулканическая активность привела к созданию земной коры, большей части атмосферы и гидросферы. Без вулканизма было бы невозможным зарождение жизни на Земле. Без газообразных продуктов вулканических извержений не было бы на Земле ни  $CO_2$ , ни  $H_2O$ , а значит, не появились бы ни органические соединения, ни свободный кислород в атмосфере. Созидательная деятельность вулканов продолжается и в настоящее время. Под водами океанов вулканы наращивают литосферные базальтовые плиты. На суше формируются эффузивные магматические породы, появляются новые острова, происходит увеличение участков суши. С вулканизмом связано образование полезных ископаемых (алмазов, самородной серы, меди, золота, свинца и цинка, сульфидов железа и меди, бокситов). Через несколько десятков лет лавовые потоки, покрытые вулканическими туфами, превращаются в участки с плодородными почвами, пригодными для садов и виноградников (склоны вулкана Везувия). В строительстве используют вулканическую пемзу как природный тепло-, звукои электроизоляционный материал. Туфы, базальты, обсидианы – это великолепный камень для возведения стен, облицовки зданий, создания скульптур (Армения, Италия, Турция, Исландия). Особого внимания заслуживает практическое использование тепловой энергии вулканов, в частности, горячих (термальных) вод для обогрева зданий, работы электростанций и т.д.

Вулканы нередко сопутствуют землетрясениям – эти явления имеют общую природу. В настоящее время на суше известно около 500 активных вулканов, примерно 20–30 вулканов ежегодно извергаются и представляют собой не только захватывающее зрелище, но и опасный (грозный) природный процесс. К сожалению, он также не обходится без человеческих жертв. Ежегодно жертвами извергающихся вулканов становятся в среднем почти 1000 человек. Вулкан Безымянный на Камчатке не извергался 1000 лет, но «проснулся» в 1955 г. Скорее всего, все вулканы, извергавшиеся в течение последних 25 000 лет, следует рассматривать как потенциально активные.

Действующие вулканы и вулканические формы рельефа известны на всех континентах, за исключением Австралии. Большая их часть приурочена к современным подвижным зонам Земли. Около 62 % всех действующих вулканов расположено в «огненном кольце» вокруг Тихого океана (рис. 26).

Наиболее крупным вулканоопасным местом на планете является Тихоокеанское огненное кольцо, где находятся 526 вулканов, из них 328 извергались в историческое время. В нашей стране в это кольцо входят Курильские острова (40 вулканов) и Камчатка (28). Второй крупный пояс находится в Средиземноморье, в который входят Везувий (Италия), Этна (Сицилия), Эльбрус и Казбек (Кавказ), Арарат (Закавказье). Третий пояс – в Атлантическом океане (69 вулканов, из них 39 – извергалось в историческое время). Четвертый пояс – в Восточной Африке (Килиманджаро). За пределами поясов вулканы не встречаются.

### 5.2.1. Основные понятия

**Вулканизм** – это совокупность явлений, протекающих в земной коре и под ней, приводящих к прорыву расплавленных масс – магм – на поверхность Земли. Вулканические извержения связаны с подъемом магмы вдоль трещин и цилиндрических каналов.

Наука о причинах вулканизма в недрах Земли и на планетах Солнечной системы, продуктах их деятельности, методах предсказаний извержений носит название *вулканология* – раздел геологии.

Вулканология, как и любая наука, оперирует множеством специальных терминов.

*Взрывное извержение* – мощный выброс высоко в воздух обломков, пепла и газов. Противоположность эффузивному извержению – растекание жидкой лавы по склонам.

*Куполовидный вулкан* – вулкан с крутыми склонами, образующийся при медленном вытекании из кратера очень вязкой лавы.

*Кальдера* – обширная впадина, образовавшаяся на месте взорвавшейся или провалившейся вершины вулкана.

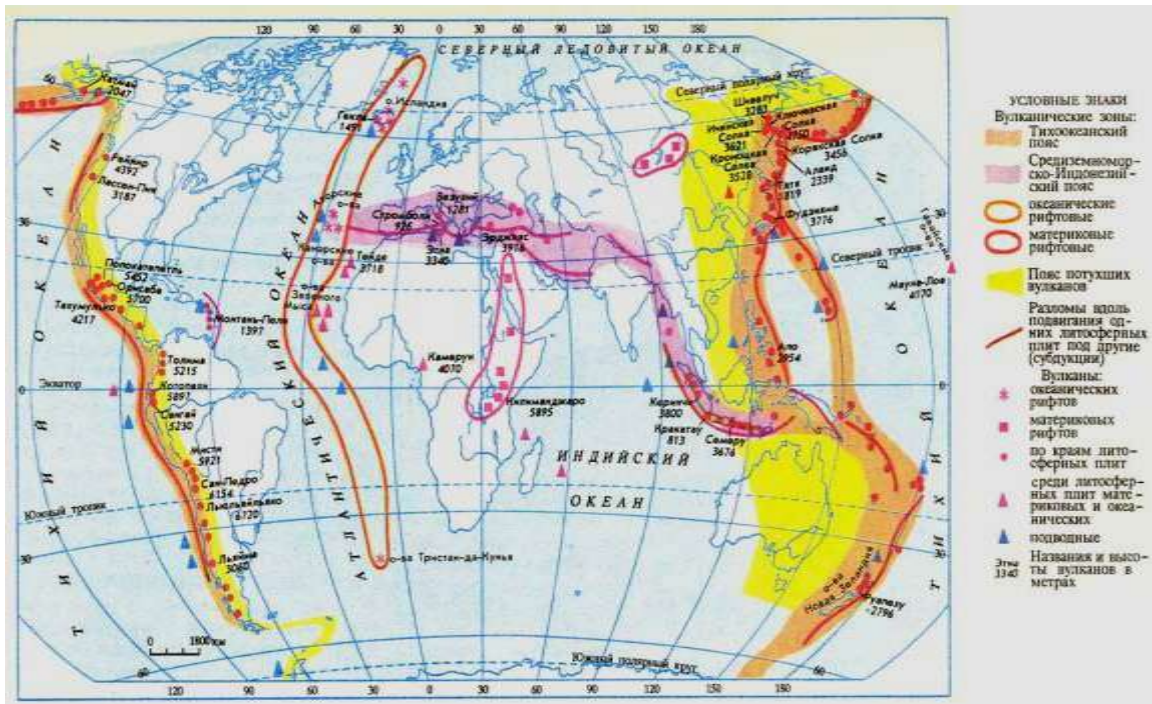


Рис. 26. Карта распространения вулканов на планете Земля

*Лава* – магма, вырвавшаяся на поверхность Земли.

*Лахар* – грязекаменный поток, стекающий со склонов ожившего вулкана. Может быть горячим, если содержит пирокластический материал.

*Магма* – расплав пород в верхней мантии и земной коре.

*Фумарола* – щель или канал в склоне вулкана, откуда выделяется пар и вулканические газы.

Магмы образуются под действием потока горячих глубинных газов – флюидов. Они формируются глубоко в недрах Земли, на границах верхней и нижней мантии или последней и внешнего расплавленного ядра в интервале глубин от 200–250 до 10–20 км. Под континентами наиболее крупные магматические камеры часто возникают на границе мантии и земной коры. Флюиды способствуют разуплотнению и локальному подъему глубинного вещества, которое в результате понижения давления (декомпрессии) начинает плавиться.

Самые ранние процессы вулканизма синхронны становлению Земли как планеты (рис. 26 и 27). В течение самого молодого – кайнозойского – этапа развития Земли, который начался примерно 67 млн лет назад и продолжается поныне, вулканическая деятельность развивалась в пределах как океанических, так и континентальных сегментов Земли.

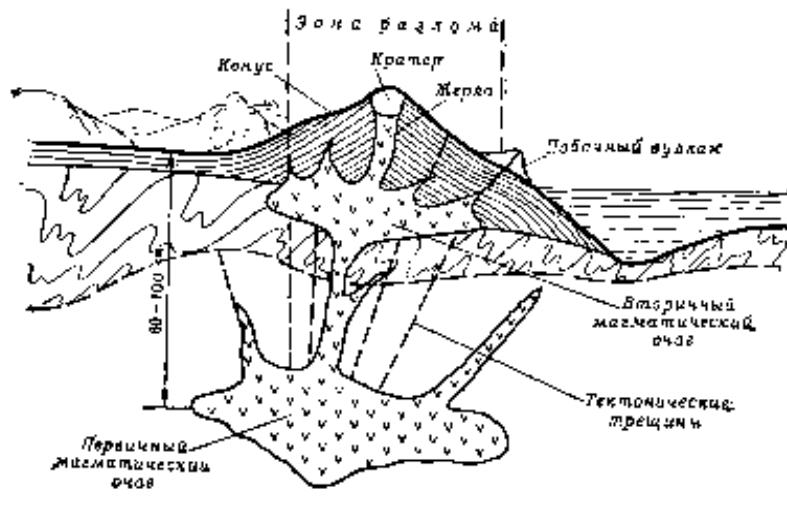


Рис. 27. Строение вулкана

Что же собой представляют продукты извержений вулканов? Вулкан поставляет на поверхность Земли *вулканические газы, лавы, твердые продукты.*

Первыми признаками извержения являются выбросы вулканических газов. Главные составляющие этих газов – водяной пар и углекислота, а также водород, углеводороды, хлориды, выделяющиеся обычно в начале извержений. Раскаленный газ во время извержения поднимается на высоту до 13–15 км (Везувий, 1906 г.). Отделившийся газ с взрывом прорывает покрывку «камеры» – верхних слоев Земли.

Вулканические газы выносят разнообразные по размеру обломки *твердых пород.* Это обломки древних пород, кристаллы, а также капли и сгустки лавы, застывающие в воздухе. Самые крупные из них затвердевают в виде *вулканических бомб и лапиллей,* а более мелкий обломочный материал носит название *тефры* (это название введено еще Аристотелем). Сцементированная тефра древних извержений образует *пирокластические породы – туфы* и более грубообломочные *вулканические брекчии.* Самые мелкие частицы – *пепел* – образуют в смеси с газом *пепловые тучи,* которые поднимаются на большую высоту. Так, при извержении вулкана Безымянный в 1956 г. высота такой тучи, образовавшейся после гигантского взрыва, достигала 35–40 км. Она продержалась в воздухе 4 ч, перемещаясь к северо-востоку. Часто эти тучи рассеиваются лишь на расстоянии многих сот километров от вулкана.

*Лавы,* извергнутые из вулканов, образуют потоки и покровы, которые растекаются на тем большее расстояние, чем меньше их вязкость. Застывая, они образуют *вулканические породы.* В зависимости от состава плавящегося субстрата возникают магмы *базальтового состава,* содержащие мало



кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ), либо более кремнекислые расплавы – *андезитового* состава.

### 5.2.2. Классификация вулканов

Наиболее широко среди вулканических пород континентов и океанов распространены по составу (количеству силикатов) магмы *базальтового* состава, которые обладают относительно небольшой вязкостью. Их можно сравнить с «кровью» нашей планеты. Базальты появляются при любом нарушении сплошности земной коры, когда прогрев источника магм – мантии – достигает  $1200\text{ }^\circ\text{C}$ . Поэтому они растекаются на большие расстояния от *жерла* вулкана в виде потоков и покровов или образуют лавовые озера. На Гавайских островах и в Исландии зафиксированы потоки длиной 40–50 км при средней мощности 4–5 м. Протяженные потоки лав известны в Сибири, где они плащом покрывают фундамент Сибирской платформы. Некоторые из них достигают 200 км в длину при толщине от 30 до 40 м.

С увеличением содержания кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) *андезитовые* магмы становятся более вязкими, потоки обычно короче базальтовых.

Одной из самых важных причин извержений магмы является её дегазация. Именно газы, заключённые в расплаве, служат тем «двигателем», который вызывает извержение.

Выделение некоторого количества газов продолжается и после прекращения извержения, когда возникают *фумаролы* – выходы газов, приуроченные к трещинам и другим участкам повышенной проницаемости вблизи вулкана. Температура фумарол обычно ниже, чем газов в начале извержения. Недавно такие фумаролы были обнаружены на вулкане Медвежий (о-в Итуруп Курильской островной дуги). Главной составляющей фумарол является вода, выделяются также  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$  и различные сернистые соединения, образующие на поверхности залежи самородной серы. С фумаролами связаны горячие источники, которые питаются нагретыми грунтовыми водами. Среди них выделяются *гейзеры*, регулярно фонтанирующие горячей водой, причем фонтаны достигают высоты 500 м. Поля гейзеров известны во многих областях активного вулканизма. Они хорошо изучены на Камчатке (Долина гейзеров), в Японии и на западе США.

*Далее рассмотрим классификацию вулканов по их типам (строению).* Выделяются два главных типа вулканических построек, соответствующих разному характеру вулканической деятельности: *трещинные, стратовулканы.*

В результате *трещинных извержений* образуются покровы и потоки текучих лав. Широко развиты трещинные извержения в среднеокеанических хребтах океанов. Свободно растекающиеся из центрального жерла лавы образуют *щитовые вулканы*. Они характеризуются пологими склонами и

большим диаметром основания и являются самыми крупными вулканическими постройками на Земле. Например, диаметр подводного основания вулкана Ма-уна-Лоа на Гавайских островах достигает 200 км, а его общая высота – около 9 км (из них более 4 км – выше уровня моря).

Извержения, сопровождающиеся взрывами, образуют *стратовулканы* с крутыми склонами, состоящими из чередующихся потоков лав и слоев пирокластических пород (пепла). Они значительно меньше по размерам, чем щитовые вулканы. Примером могут служить вулканы Ключевской сопки (рис. 10). В длительно формирующихся вулканах, вследствие опустошения глубинных резервуаров магмы, часто проседает верхняя часть вулканических построек и образуется *кальдера*, внутри которой затем может вырасти еще один – меньший по размерам – конус. Самые крупные кальдеры обычно достигают 20 км в диаметре. Однако первенство в размере вулканов и осложняющих их кальдер принадлежит Марсу. Самый крупный вулкан из известных в Солнечной системе – марсианский щитовой вулкан Олимпус диаметром 600 км – осложнен кальдерой диаметром 80 км.

### **5.2.3. Районирование областей вулканической опасности Курило-Камчатского региона**

Районирование областей вулканической опасности предполагает выделение районов разной степени опасности от негативных последствий вулканических извержений. В результате такого районирования построены несколько типов карт вулканической опасности:

- вулканологическая карта, отображающая физические эффекты исторических и доисторических вулканических извержений;
- информационная карта для нужд администрации населённых пунктов;
- информационная карта для населения.

В Курило-Камчатском регионе наиболее опасны вулканы, располагающиеся в непосредственной близости от крупных населённых пунктов: г. Петропавловска-Камчатского и г. Елизово (Авачинская группа вулканов); г. Ключи (Ключевская группа вулканов и вулкан Шивелуч); г. Северо-Курильск, Северные Курилы – вулкан Эбеко. Остальные действующие вулканы Курило-Камчатского региона также опасны, но из-за низкой плотности населения их извержения могут нанести меньший ущерб. Наиболее крупные в Евразии действующие вулканы: Ключевской, Ушковский, Шивелуч, а также Безымянный (вставка 7) и Плоский Толбачик. Они окружают г. Ключи.

### Вставка 7

**Самое сильное извержение XX века.** На полуострове Камчатка в центре Ключевской группы расположилась небольшая сопка (3085 м). Из-за своей невыразительности она даже не имела названия, просто Безымянная. Она считалась потухшим вулканом. 22 октября 1955 г. над ней были замечены клубы белого дыма. Затем стал падать пепел. За несколько дней высота столба пепла достигла 8 км высоты. В туче были видны молнии. Затем все затихло. 30 марта 1956 г. произошел гигантский взрыв. Туча пепла поднялась вверх на 45 км. Начался пеплопад. Вместе с пеплом падали и песчинки диаметром до 3 мм. Наступила такая тьма, что не видно было предмет, поднесенный к глазам. Площадь, покрытая пеплом, имела в длину 400 км, в ширину – 150 км, общий объем – 0,5 млрд куб. м. Окончательный результат ученые увидели после изучения окрестностей. На расстоянии 10 км всё было погребено под полуметровым слоем пепла

Побочные извержения, если они будут вблизи г. Ключи, опасны лавовыми потоками и вулканическими землетрясениями. В результате этих извержений могут образоваться паводки на р. Сухой и грязевые потоки (*лахары*). Механизм вулканизма с наличием глубинных очагов магмы под вулканами Ключевской и Безымянный Камчатка представлены на рис. 28.

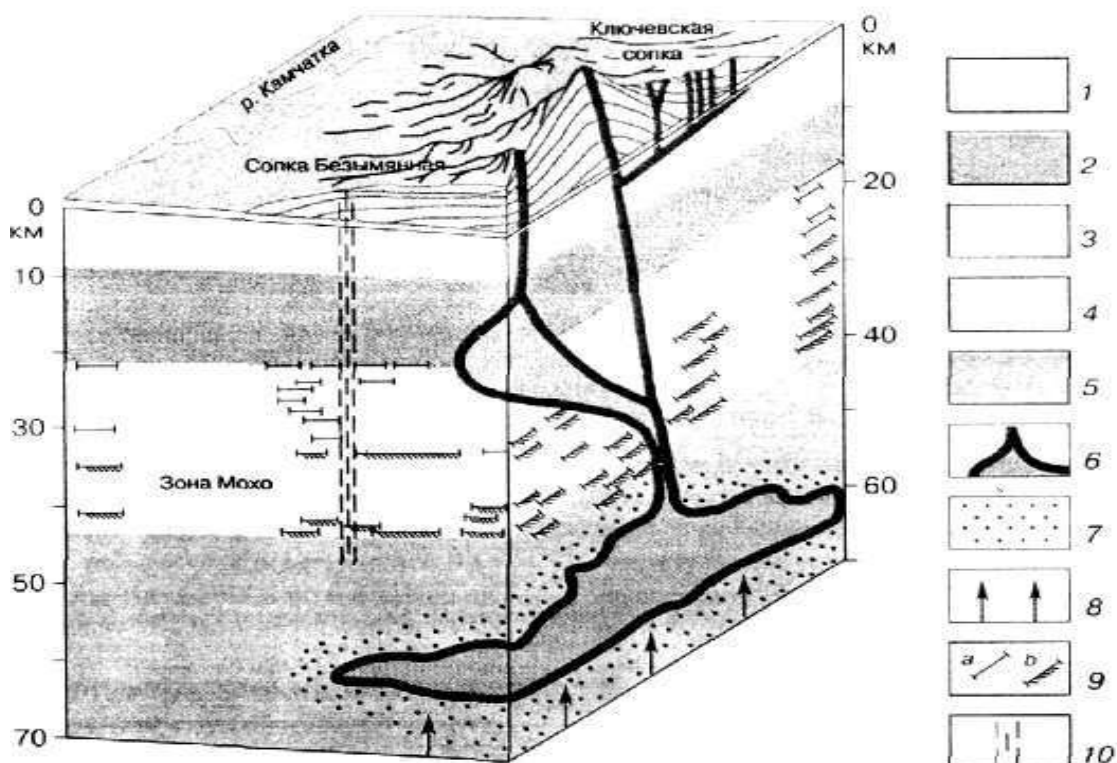


Рис. 28. Глубинные очаги магмы под вулканами Ключевской и Безымянный: Условные обозначения: 1 – осадочный слой; 2 – «гранитный слой»; 3 – «базальтовый слой»; 4 – переходный слой между корой и верхней мантией; 5 – верхняя мантия; 6 – очаги магмы и подводящие каналы; 7 – частично расплавленные породы; 8 – предполагаемый флюидный поток; сейсмические границы в земной коре (а) и в переходной зоне кора – мантия (б); 10 – глубинный разлом [по данным глубинного сейсмического зондирования и Геолого-геофизического атласа Курило-Камчатской островной системы, 1987]

#### 5.2.4. Негативные последствия вулканических извержений

Действия одного или нескольких вулканов способны повлечь за собой глобальные катастрофические последствия (вставка б).

К поражающим факторам, обладающим разрушительной силой, относятся следующие:

- взрывная волна;
- потоки горячей лавы и вулканической грязи;
- выбрасываемый пепел, песок и вулканические аэрозоли.

*При взрывах* вулканов освобождается большое количество энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени. Нагретые аэрозоли под очень высоким давлением вырываются на поверхность, образуя взрывную волну. Объем выбросов измеряется кубическими километрами (13–18 км<sup>3</sup> при взрыве вулкана Санторини около 3,4 тыс. лет назад). Мощное извержение вулкана Санторини в Эгейском море в XVI до н.э. привело к гибели цивилизации, центром которой был остров Крит. Так, на долгие тысячелетия исчезла высокоразвитая цивилизация, заново открытая лишь в XX в. При направленном взрыве ударная волна с температурой до несколько сотен градусов разрушительна на расстоянии до 20 км (Мягков, 1995).

## Вставка 6

***Гибель Помпеи (Италия).*** Сохранилось любопытное письмо римского ученого Плиния младшего об извержении Везувия (79 г. н.э.). Первым предвестником извержения было землетрясение. Оно разрушило часть

Помпей. Но город начал отстраиваться. «24 августа над Везувием показалось облако, напоминавшее по форме дерево, а именно сосну. Спустя некоторое время на землю стал падать дождь из пепла и пемзы.

Из Везувия стали вырываться языки пламени, затем поднялся столб огня. Подземные толчки становились все сильнее, а когда извержение достигло своей наибольшей силы, они прекратились. Из кратера стали выбрасываться пепел и камни, пепельное облако закрыло солнце, и наступила тьма. Количество падавшего пепла было так велико, что в нескольких километрах нужно было постоянно отряхивать пепел, иначе человека придавило бы его тяжестью. Со всех сторон неслись страшные, никогда не слыханные звуки. Воздух был охвачен пламенем. Извержение продолжалось 10 дней»

Попадая на поверхность, магма образует раскалённые *лавовые потоки*. Обычно они имеют мощность менее 5 м, иногда всего 2 м, скорость течения – до 100 км/ч, проходят путь до нескольких десятков километров и способны покрыть площадь в сотни квадратных километров. Скорость перемещения раскалённых потоков зависит от крутизны склонов и рельефа в окрестностях. Например, при извержении вулкана Кирауэа на Гавайских островах лава стекала по склону крутизной более 30° со скоростью 900 м/мин (54 км/ч).

*Пепел*, выброшенный при извержении на высоту 15–20 км, а при мощных взрывах – до 50 км, может содержать вулканические ядовитые вещества (азот, диоксид серы, водород, аммиак, сероводород, метан, хлор, фтор, борную кислоту) и обладать большой кислотностью, при которой растения погибают, а металл подвергается коррозии. При извержении вулкана Геклы в 1947 и 1970 годах очень много травоядных животных отравились фтором и погибли.

Пепел, выброшенный на большие высоты, забивает двигатели самолетов. В 1990 г. извержение вулкана Пинатубо на Филиппинах привело к эвакуации американской военно-воздушной базы. Вулканический пепел может быть источником потенциальной опасности для авиапассажиров. По подсчётам Е.К. Мархинина (1985) вулканы в среднем за год выбрасывают 2 млрд т вулканического пепла. Из-за этого при извержении вулканов уменьшается прозрачность воздуха, увеличивается солнечная радиация, облачность и количество осадков. Попадание частиц вулканического пепла в двигатели самолётов способно вызвать катастрофу. Кроме этого, существуют

другие формы опасности: резкое уменьшение видимости в зоне интенсивного пеплопада, помехи радиосвязи, выход из строя электроники на самолёте, особенно во время захода самолёта на посадку.

К прямым негативным последствиям вулканизма для экосистем, животного и растительного мира относится нарушение их или уничтожение и также гибель людей. Так, М.М. Певзнер (1994) на примере катастрофического извержения вулкана Шивелуч составил схему потенциальной опасности и выделил 3 области с негативными последствиями.

Первая область расположена вблизи конуса вулкана (в радиусе до 20 км); она характеризуется необратимыми изменениями в результате механического, термического и химического воздействия и сводится к полному уничтожению и погребению компонентов природной среды (леса, растительности), хозяйственных построек, становится причиной гибели людей и животных. «Расправленная порода растекается по поверхности земли и сжигает всё на своём пути: растения, живность, постройки. Она движется со скоростью 40 км/ч – убежать невозможно». Лавовые потоки, температура которых достигает 800 °С, вызывают пожары.

Вторая область охватывает подножье вулканов в радиусе примерно до 30 км и характеризуется частичным уничтожением людей и биоты под действием тефры и пепла. Вследствие механического погребения, термического и химического воздействия полностью уничтожается вся растительность, животные гибнут из-за возникшей бескормицы. Сильные пеплопады приводят и к человеческим жертвам. Возможно восстановление экосистем, но через 150–200 лет.

В третьей, краевой, области влияют на окружающую среду в основном пеплы в радиусе несколько тысяч километров. Могут быть шлаковые ливни. Здесь преобладает химическое воздействие; попадая с осадками в водоёмы, пеплы изменяют химизм (высокая кислотность) воды, приводят к гибели рыб и икры. Растительность на пастбищах становится непригодной для животных.

Исследования свидетельствуют о том, что массовые вымирания биоты, которые неоднократно случались в геологическом прошлом, могли быть связаны с извержением вулканов. Так, например, рубеж в начале перми (183,6 млн лет назад) характеризовался массовым вымиранием морской фауны и флоры. И в это же время миллионы квадратных километров излившихся базальтовых лав способствовали резкому увеличению в атмосфере парниковых газов, а вулканический пепел, попавший в океан, изменил химический состав воды. Стабильная система «атмосфера – океан» оказались нарушенной. Пережить это изменение смогли лишь некоторые виды организмов.

### **5.2.5. Прогноз вулканических извержений**

К счастью, извержения вулканов сейчас можно предсказать с большой точностью и вовремя эвакуировать людей в случае опасности.

Среднесуточный и долгосрочный прогноз осуществляется на основе изучения закономерностей проявления вулканической деятельности в конкретной геодинамической обстановке и последующего математического моделирования для выявления статистических закономерностей.

Краткосрочный прогноз базируется на визуальных наблюдениях с подключением геодезических (изменение уровня и наклонов поверхности вблизи исследуемого вулкана), геофизических (сейсмометрия, наземная и авиатермометрия, магнитометрия) и геохимических методов исследования. Одно из наиболее перспективных направлений в прогнозировании извержений – изучение состава выделяющихся из кратера газов. Установлено, что при затухании вулкана сначала выделяется галоидная серия газов ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{NH}_3$ ), затем сернистая стадия ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ), затем углекислая стадия ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ ) и наконец нагретый пар. Чем больше пузырьков водяного пара, тем больше опасность взрывного извержения. Вулкан в этом случае напоминает бутылку с шампанским: достаточно встряхнуть – и пробка под давлением газов вылетает. А следом фонтаном бьёт содержимое. Если активность вулкана возрастает, то состав изменяется в обратном порядке. Первым признаком оживления вулкана является устойчивое появление пародымовых облачков над жерлом вулкана.

Поведение воды в кратере служит надёжным показателем готовящегося извержения. Иногда температура воды повышается до кипения, иногда она перед извержением изменяет свой цвет (становится бурой или красноватой).

Новый метод прогноза вулканических извержений – аэрофотографирование вулканов в инфракрасных лучах – позволяет определить нагревание земной поверхности и подъём горячих расплавов.

Может оправдать себя метод изменения напряжённости магнитного и электромагнитного полей Земли в окрестностях вулкана.

После 1980 г. отслеживание вулканической активности неуклонно улучшается, что позволяет спасти тысячи человеческих жизней. Например, наборы портативных поверхностных мониторов очень точно предсказали извержение вулкана Пинатубо на Филиппинах.

В 2006 г. британские и американские учёные опробовали новый метод: анализ крошечных капель силикатного стекла, замурованного в застывшей лаве действующих вулканов. Эти вкрапления дают хорошее представление о химическом составе, температуре и давлении жидкой магмы, находящейся глубоко в недрах Земли. В результате можно довольно точно судить о её «взрывоопасности».

Во многом в прогнозе начала извержения вулканов могут помочь опять-

таки животные. Вулкан Мон-Пеле (Северная Америка) 8 мая 1902 г. разрушил город и погубил всех жителей (30 тыс. человек). Но среди трупов людей был всего один труп кошки. Значит, они предчувствовали опасность и спаслись. Еще в середине апреля многие животные покинули эту местность. Перелетные птицы, вместо того чтобы сделать в этом месте, как обычно, привал, не опускаясь, устремились на юг Америки. Исчезли змеи, которых было много на склонах гор. Разгадка может быть такой: животные уловили незначительное повышение температуры грунта, легкие сотрясения, выделения газов.

Для прогноза необходим мониторинг всей сейсмологической ситуации на действующих вулканах разными методами (инструментальные, радиотелеметрические, аэрофотограмметрические и т.д.).

Вывод о времени предстоящего извержения вулкана следует делать по совокупности результатов всех существующих методов.

### **5.2.6. Рекомендации по защите при извержении вулканов**

Для защиты населённых пунктов известно использование бомбометания с целью прокладывания для лавы лотка и отвода потока в сторону (в основном для стратовулканов), а также создание заградительных насыпей (например, при современном извержении вулкана Этна). Применяют эвакуацию жителей и административно-запретительные меры (создание зон запрета для туристов, для размещения опасных производств вблизи вулкана).

Как подготовиться к извержению вулкана? Следите за предупреждениями о возможном извержении вулкана. Вы спасете себе жизнь, если своевременно покинете опасную территорию. При получении предупреждения о выпадении пепла закройте двери и дымовые заслонки. Поставьте автомобили в гаражи, животных в закрытые помещения. Запаситесь источниками освещения и тепла с автономным питанием, водой на 3–5 суток.

Как действовать во время извержения вулкана? Защитите тело и голову от камней и пепла, наденьте маску. Лучше оставаться в укрытии. Извержение вулканов может сопровождаться бурным паводком, селевыми потоками, затоплениями, поэтому избегайте берегов рек и долин вблизи вулканов, старайтесь держаться возвышенных мест, чтобы не попасть в зону затопления или селевого потока.

Как действовать после извержения вулкана? Закройте марлевой повязкой рот и нос, чтобы исключить вдыхание пепла. Наденьте защитные очки и одежду, чтобы исключить ожоги. Не пытайтесь ехать на автомобиле после выпадения пепла; это приведет к выходу его из строя. Очистите от пепла крышу дома, чтобы исключить ее перегрузку и разрушение.



Насаждения успешно защищают от действия вулканических газов посыпкой извести для нейтрализации кислот.

### 5.3. Геопатогенные зоны

*Геопатогенная зона* в переводе с греческого языка означает «место на Земле, где возникает страдание». Именно в этих «гиблых местах» зафиксированы тяжелые заболевания людей и домашних животных.

Влияние разломов, через которые Земля «дышит», человек ощущает порой на подсознательном уровне. Например, над разломами разного ранга отмечается увеличение автодорожных аварий. Дорожная полиция в Германии уже давно устанавливает на участках дорог, пересекающих разломы, специальные знаки, предупреждающие об опасности. Группа исследователей Санкт-Петербурга, проанализировав 3,5 тыс. дорожных аварий в одном из районов города также установила, что над разломами число аварий по сравнению с обычными участками дорог увеличивается на 30–50 % от обычного числа аварий. Высказано предположение, что человек, пересекая разлом, реагирует на его аномальное магнитное поле благодаря магниторецепции. В мозгу человека, как у многих мигрирующих птиц, рыб, дельфинов и других животных, есть ферромагнитные включения, которые реагируют на аномальные магнитные поля. Человек, пересекая разломную зону, ширина которой достигает обычно несколько сот метров, может непроизвольно спровоцировать аварию.

История развития представлений о геопатогенности разломных структур рассмотрена в работе И. К. Кострюковой и О. М. Кострюкова [9]. К геопатогенным зонам (ГПЗ) исследователи относят геофизические аномалии, локализованные в пространстве и связанные с различными неоднородностями земной коры. Так как неоднородности земной коры предопределяются прежде всего блоковой делимостью Земли, т.е. разломной тектоникой, то связь геопатогенности с разломами земной коры и литосферы является причинно-следственной. Несомненно, характер развития болезненных процессов у каждого отдельно взятого человека определяется рядом причин: наследственной отягощенностью и предрасположенностью, особенностями функционирования иммунной и состоянием нервной систем, ранее перенесенными заболеваниями, психологическим климатом в семье и на работе, наличием подавленности или депрессии в результате тех или иных жизненных обстоятельств и другими причинами. Однако разными авторами отмечается общая закономерность – длительность пребывания человека в зоне негативного воздействия неоднородностей земной коры во всех случаях отягощает заболевания.

В 1920-х гг. немецкими геологами было замечено, что в г. Штутгарте

процент смертности от рака наиболее высок в районах, пересекаемых пятью разломами. В 1929 г. Густав фон Поль установил, что кровати всех 58 человек, умерших от рака в Баварии с населением около 10 тыс. человек, располагались точно над «вредными жилами». Результаты исследований были изложены в 1932 г. в его книге «Земные лучи как патогенный фактор». Чешский онколог Олдрих Юризек обнаружил, что у людей, проживавших в домах, построенных на местах высохших русел рек и бывших водоемов, а также на подтопляемых и пойменных участках, отмечается наиболее высокий процент ранней смертности от различных заболеваний по сравнению с другими территориями.

Проблема наличия геопатогенных зон особенно начинает привлекать внимание зарубежных ученых с 1950-х гг. В это время к ее разработке подключились исследователи самых разных специальностей – медики, биологи, геологи, геофизики, физики и др. В 1955 г. В. Фритч издает брошюру «Проблема геопатогенных зон с точки зрения геофизики». Одновременно профессор геологии И. Вальтер в результате анализа проведенных им экспериментов подтвердил большое значение подземных вод в образовании ГПЗ. В монографии «Земная радиация» и других книгах К. Бахлер изложены результаты обследования 11 тыс. человек, выполненные в 14 странах. К. Бахлер утверждает, что раковые, не поддающиеся лечению психические и другие хронические заболевания у детей и взрослых обусловлены нахождением их спальных мест в узлах пересечения патогенных зон. Общество охраны здоровья Дульвича в Великобритании представило научной общественности информацию о том, что наличие геопатогенного стресса было установлено при возникновении большинства заболеваний, таких, как сердечнососудистые, рак, рассеянный склероз, артриты. Отмечается, что наиболее характерными признаками длительного нахождения людей над ГПЗ являются бессонница, ночные кошмары, чувство холода, отсутствие чувства отдыха после сна, депрессия, неэффективность лечения. В Германии доктором Е. Хартманом, а затем в Болгарии врачом В. Сарачевой было установлено, что у 80 % добровольцев, помещенных над ГПЗ, заметно ухудшалось самочувствие, учащался пульс, подскакивало давление, изменялись электросопротивление кожи и результаты биохимического анализа крови.

Если говорить о целенаправленных систематических исследованиях, то нельзя не обратить внимание на тот факт, что большинство развитых европейских стран имеют государственные программы для изучения геопатогенности. Например, в Германии этой проблемой занимаются ученые-физики Мюнхенского университета Г. Кениги Г., Бетц и Общество по геобиологии во главе с доктором Э. Хартманом. В 1987 г. Электрофизическому институту и Институту гигиены г. Гейдельберга

министерством исследований и технологий ФРГ для проведения исследований на тему «Нетрадиционные методы борьбы с раковыми заболеваниями», рассчитанных на 2,5 года, было выделено 220 тыс. долларов. В Швейцарии изучением ГПЗ занимается Общество по защите от земного излучения под руководством П. Фрелиха, в Англии – Дульвическое общество по охране здоровья и т.д.

В последние десятилетия на проблему ГПЗ обратили внимание и наши специалисты. В ноябре 1990 г. в Москве прошел семинар, посвященный этой теме, на котором было представлено большое число докладов российских и зарубежных исследователей. А.П. Дубров, ссылаясь на многочисленные литературные источники, оценивает вклад влияния ГПЗ на возникновение у человека онкологических заболеваний в 50–70 %. В. Г. Прохоров и его соавторы выполнили оценку геопатогенности территорий городов Абакана, Минусинска и Керчи. Они приводят в качестве примера палату, расположенную над пересечением ГПЗ, в которой наблюдалась необъяснимо высокая смертность уже среди выздоравливающих больных «сердечников». По результатам исследований, проведенных В.Е. Ланда и его коллегами в пределах г. УланУдэ (на основе результатов сейсмической, эманиционной и биолокационной съемок масштаба 1:10 000, подтвержденных данными бурения гидрогеологических скважин), был выделен ряд линейных и радиально-кольцевых зон шириной 50–150 м. Все очаги повышения заболеваемости раком и сердечно-сосудистой системы пространственно совпали с узлами пересечения зон геологической неоднородности земной коры.

С.М. Иогин методом биолокационной съемки масштаба 1:50 000 выделил в пределах г. Норильска шесть близширотных зон размером 30–100 м, пространственно совпадающих с главнейшими тектоническими нарушениями и отдельными рудными телами медно-никелевых руд. При этом он обнаружил, что все деформированные здания, подлежащие сносу, попали именно в эти зоны. Последнее, с одной стороны, подтверждает их тектоническую природу, с другой – свидетельствует о том, что они являются зонами повышенного риска при строительстве зданий и сооружений.

В изучении геопатогенности неоднородностей земной коры и связанных с этим явлений наиболее интересен опыт Санкт-петербургских исследователей. На основе анализа распределения заболеваемости по территории города они установили, что воздействие ГПЗ на здоровье человека выше, чем, например, антропогенного загрязнения воздуха, воды и почвы. Болезни людей, проживающих над зонами локальных разломов, часть из которых геопатогенны, ежегодно наносят СанктПетербургу значительный материальный ущерб. Изначально место его строительства выбрано над пересечением двух региональных разломов земной коры – на стыке

Балтийского щита и погребенной части Восточно-Европейской платформы. Можно предположить, что межблоковое пространство, по-видимому, еще раздроблено сетью локальных разломов. Данная местность изначально была сильно заболочена, для ее осушения провели сеть каналов, дренажных стоков, в результате чего появились новые погребенные потоки. Таким образом, еще в начале строительства было создано сочетание природных и антропогенных факторов геопатогенности. Однако раньше участки для сооружения домов и культовых объектов выбирали все-таки с учетом особенностей местности, по крайней мере, это выдержано по отношению к соборам и монастырям, а также старым особнякам известных фамилий. В советскую эпоху начали спрямлять улицы, засыпать каналы, канавки, озерки, создавая тем самым вторичные ГПЗ. В результате геопатогенность территории города была дополнительно усилена, так как искусственно создали дополнительную сеть погребенных русел рек.

В этом отношении интересен опыт градостроителей современного г. Валенсия в Испании. Там загрязненную промышленными и бытовыми стоками реку, протекающую практически по территории всего города, канализировали, т.е. пустили по трубам, создав искусственное подземное русло. На месте бывшего русла реки разбили сеть парков, детских площадок, спортивных кортов, стадионов, беговых и велосипедных дорожек. Вместо грязной реки, испаряющей вредные вещества в воздушную среду, через весь город теперь проходит парково-спортивная зона – дополнительные «зеленые легкие» города. Таким образом, огромная патогенная зона антропогенного происхождения была ликвидирована. За счет пропускания русла реки в трубу создана более узкая геологическая неоднородность, кратковременное пребывание над которой вряд ли опасно. Тем более, что из видов транспорта, способных создать аварийную ситуацию, здесь разрешены лишь велосипеды.

Анализируя данные, полученные при изучении локальных разломов земной коры на территории г. Сургута, их механическую активность, аномалии фонового гамма-излучения и эксгаляции радона, Н.К. и О.М. Кострюковы пришли к выводу, что геопатогенность неоднородностей земной коры, одним из видов которых являются изучаемые локальные разломы в осадочном чехле, определяется всей совокупностью их особенностей.

Среди этих особенностей первое место, по мнению исследователей, занимают механические смещения. В результате экспериментов, выполненных в пределах одного локального разлома земной коры разными методами, установлено, что достаточно кратковременные вертикальные смещения блоков земной коры относительно друг друга реализуются по разлому и составляют значительные величины. Смещения происходят за достаточно малые промежутки времени и фиксируются в виде циклов два

раза в сутки. Так как они кратковременны, то могут восприниматься человеком как микросеймы – микросейсмические «удары».

На территории г. Сургута смещения незначительны по величине и кратковременны, они невидимы человеком без применения специального оборудования. Сами по себе эти смещения воздействовать негативно не могут, они находятся на пределе чувствительности, не осознаются людьми, но только отмечаются на подсознательном уровне. Поскольку они происходят два раза в сутки циклами, то могут являться причиной стойкого неосознанного тревожного состояния, которое нередко перерастает в угнетенность и подавленность. При этом наибольшему воздействию, по-видимому, подвергаются люди, занятые деятельностью, которая «не захватывает». Творческий умственный или физический труд позволяет отключаться от любых внешних негативных психогенных факторов. И не исключено, что во время смещений микросеймы сопровождаются низкочастотными акустическими колебаниями в области инфразвука, который сам по себе уже фактор негативного подавляюще-угнетающего психогенного воздействия.

При обработке результатов исследований авторы обнаружили, в частности, что ко времени механических смещений приурочены всплески (пики или спады) на суточных графиках фонового гаммаизлучения и концентраций радона в приземном слое атмосферы. Они свидетельствуют об изменении интенсивностей гамма-излучения и эксгаляции радона во время механических смещений. Эти изменения в большинстве случаев невелики, они укладываются в пределы санитарной нормы.

В недрах Земли радон распространяется крайне неравномерно. Прежде всего, он накапливается в тектонических нарушениях, куда он поступает по системам микротрещин из пор и макротрещин горных пород. В результате этого большая часть тектонических нарушений превращается в радононосные подводящие структуры. В случае когда над такими структурами располагаются постройки, в них резко повышается вероятность накопления высоких концентраций радона.

Радон поступает в помещения разными путями: он проникает из недр Земли, выделяется из строительных материалов, привносится с водопроводной водой, бытовым газом и другими объектами жизнеобеспечения.

Возведение зданий над зонами разломов приводит к тому, что из недр Земли в эти здания непрерывно поступает поток воздуха, содержащего высокие концентрации радона. Это создает серьезную радиационную опасность для проживающих людей или работающего персонала. Уровень концентрации радона в атмосфере зданий существенным образом зависит от естественной и искусственной вентиляции помещения, тщательности заделки

окон, стыков стен и вертикальных коммуникационных каналов и т.д. Наиболее высокие концентрации радона отмечаются в холодные периоды года, когда помещения традиционно утепляются и слабо проветриваются. Между тем следует помнить, что даже однократное проветривание в течение часа снижает концентрацию радона в 100 раз.

Установлено, что повышенная концентрация радона вызывает образование злокачественных опухолей органов дыхания. В США подсчитано, что ежегодно в стране по этой причине умирает 20 тыс. человек, а затраты на их лечение составляют более 1 млрд долларов.

В настоящее время во всех развитых странах действуют ограничения содержания радона в зданиях. В нашей стране норма для существующих домов составляет 200 Бк/м<sup>3</sup>, во вновь проектируемых – не более 100 Бк/м<sup>3</sup>; в Германии – это соответственно 200 Бк/м<sup>3</sup>, а в США – 150 и 75 Бк/м<sup>3</sup>.

Таким образом, большую потенциальную опасность для жизни россиян, проживающих в сейсмоопасных районах, представляют такие эндогенные процессы, как землетрясения, вулканизм, вместе с сопутствующими им сейсмогенными опасными процессами. Человеческие потери от них в мире составляют 60 % всех жертв стихийных бедствий. Свыше 20 % территории Российской Федерации подвержено сейсмическим воздействиям, превышающим 7 баллов по 12-балльной шкале MSK-64, а более 5 % территории находится в зоне 8-10 – балльных землетрясений (Вартанян, Голицын, Гречищев и др., 2000). Только в результате катастрофических событий на Шикотане (Курильские острова) в 1994 г. и Нефтегорске (Сахалин) в 1995 г. погибло около 2 тыс. человек. Это указывает, что человечество ещё не научилось эффективно противостоять натиску природной стихии, а тем более управлять ею. Землетрясения, приуроченные преимущественно к активным шовным структурным зонам, относятся к чрезвычайно опасным, внезапным, труднопрогнозируемым явлениям. Столь же опасны вулканические процессы, проявляющиеся в форме излияния раскаленной лавы, выбросов пирокластического материала, вулканических газов.

В целях предотвращения и развития опасных природных процессов необходим своевременный прогноз – постановка мониторинговых наблюдений за ними. Защита населений и территорий от стихийных бедствий является актуальной и в настоящее время.

**Глава 6**  
**ОПАСНЫЕ**  
**ЭКЗОГЕННЫЕ**  
**ПРОЦЕССЫ В**  
**ЛИТОСФЕРЕ**

## Оползни, обвалы, осыпи

### 6.1.1. Описание оползней, обвалов и осыпей

Оползни, обвалы, осыпи – это группа опасных экзогенных процессов, обусловленная энергией рельефа (силой тяжести). Если движение происходит без потери контакта со склоном или с незначительной потерей его – это *оползни* (вставка 7). Движение обломочного материала с потерей контакта со склоном в форме свободного падения на крутых склонах (крутизной более 30°) может привести к камнепадам в виде *осыпей, обвалов*.

*Осыпи* – разновидность камнепадов, они происходят с медленной скоростью. Практически это оползание материала, образовавшегося в результате выветривания вниз по склону.

*Обвалы* отличаются от камнепадов не просто большим объемом, но сплоченностью облака обрушивающегося материала, что меняет характер его движения. Скорость движения обвалов на отдельных участках достигает 300 км/ч, длина пути – несколько километров. Причиной крупных обвалов служат землетрясения.

*Солифлюкция* (от греч. «*солюс*» – почва, «*флюксум*» – течение) – это течение (сползание) водонасыщенных рыхлых пород (почвы) по склону, особенно там, где грунт промерзает на значительную глубину. Оттаявший слой горной породы начинает скользить по замёрзшему грунту. Течение идет, как в вязкой жидкости, даже при 0,5 °С, реже при 2–6 °С. Распространено это явление в горах в полярных и приполярных областях.

*Курумы* – разновидность медленной солифлюкции – это поверхности, образованные скоплением глыб размером от десятков сантиметров до 3 м в поперечнике. Курумы широко распространены в горных районах и на плоскогорье, где присутствуют скальные породы. Курумы образуются за счет разрушения подстилающих пород. Курумы встречаются на склонах от 30° и меньше. Линейно вытянутые вдоль ложбин курумы называют каменными реками, или глетчарами. Скорость движения каменных рек может достигать 1,5 м/год, но чаще 0,2–0,3 м/год. Истоками каменных рек часто являются обширные по площади «настоящие» курумы, называемые иногда «каменными морями».

*Оползень* – это смещение на более низкий уровень части массива горных пород, слагающих склон, в виде скользящего движения в основном без потери контакта между движущимися частями массива.

Исследование причин развития оползней побудило геологов к созданию классификаций, в основе которых лежит устойчивость склонов и откосов. Наиболее полной классифик

ацией оползней этого типа является разработка И.П. Иванова (1971) [23].

космосни  
мков.  
Составлен

В феврале 1911 г. в горах Памира произошло землетрясение, в результате которого более 7 млрд тонн горной массы с крутых склонов и плотиной перегородили реку Мургаб. Через несколько лет возникло узкое Сарезское озеро длиной около 80 км. Высота естественной плотины, перегородившей реку во время обвала, достигала 750 м. Последствия памирского обвала – исчезновение кишлака Усой и сужение его

ы **Карта 7**  
«Оползней в  
районе  
было  
СССР»  
обвала,  
и  
его  
И.И.

По механизму оползни бывают следующих типов: оползни сдвига (деляпсивные), выдавливания (детрузивные), гидродинамического выноса внезапного разжижения (течения).

Мазурова  
и О.П.  
Иванова  
(2004) и  
«Карта  
опасности  
развития  
оползней  
на  
территори  
и России»,  
составлен  
ная А.Л.  
Рогозины  
м и И.О.  
Тихвинск  
им [32].

По глубине залегания поверхности скольжения оползни бывают: поверхностные (около 1 м), мелкие (до 5 м), глубокие (до 20 м), очень глубокие (свыше 20 м).

По мощности вовлекаемых в процесс масс горных пород – малые (до 10 тыс. куб. м), крупные (1–1000 тыс. куб. м), очень крупные (свыше 1000 тыс. куб. м).

По скорости движения – быстрые, или обвалы (секунды, минуты); средней скорости (часы) и медленные (годы).

Оползни широко распространены по берегам рек, морей и озёр как в платформенных, так в горноскладчатых областях. В платформенных условиях оползни формируются на участках, сложенных чередующимися водоупорными (глинистые слои) и водоносными породами грунта. На этих участках сила тяжести, накапливающаяся на склонах горных пород, в условиях смачивания поверхности скольжения преодолевает силы сцепления. В горноскладчатых областях широкое развитие оползней обусловлено расчленённым рельефом и преобладанием трещиноватых кристаллических пород. В этих условиях смещение оползней происходит по контакту слоёв или трещинам, подсекающим склон. В России оползни происходят на Черноморском побережье Кавказа и Крыма, долины рек Волги, Днепра, Оби, Томи и т.д. Более 12 тыс. очагов оползней находится в Средней Азии (вставка 8). Распространённость оползней хорошо изучена с помощью аэрофотои

«Оползнем века» в  
отрогах Тянь-Шаня. Снач  
калиток во дворах, окон  
заклучение: формируетс  
млрд куб. м., который  
оказались река и шахте  
проработано несколько в  
однозначным: перенести  
создали обходной канал д

Сила  
оползня  
определяет  
ся массой



и объемом смещаемых горных пород, характером и скоростью их передвижения. Площадь крупных оползней может составить до 60 га, объем смещающихся пород – несколько миллионов кубических метров. Одной из важнейших характеристик оползня является расстояние, которое он проходит до полной остановки.

Процессы оползания возникают в случае, если водопроницаемые породы подстилаются горизонтом водоупорных пород, чаще всего глин. Оползнию предшествует подготовка пород к подвижке: образование трещин, формирование зон дробления и др. Благоприятным условием для сползания горной породы является залегание пластов пород параллельно склону. Водоупорный горизонт при этом служит поверхностью скольжения, по которой блок пород соскальзывает вниз. При оползании порода может частично дробиться, превращаться в бесструктурную массу. При оползании горных пород по склону формируется новый тип рельефа: оползневой цирк, ограниченный стенкой отрыва оползня (оползневым уступом), оползневой блок с запрокинутой верхней площадкой (оползневой террасой) и напорный оползневой вал с полностью деформированной структурой (рис. 29).

Оползни возникают в результате следующих причин:

- нарушения равновесия пород, вызванного увеличением крутизны склона в результате подмыва текущей водой;
- переувлажнения горных пород атмосферными осадками и подземными водами;
- ослабления прочности пород при выветривании;
- воздействия сейсмических или других толчков;
- хозяйственной деятельности, проводимой без учета геологических условий.

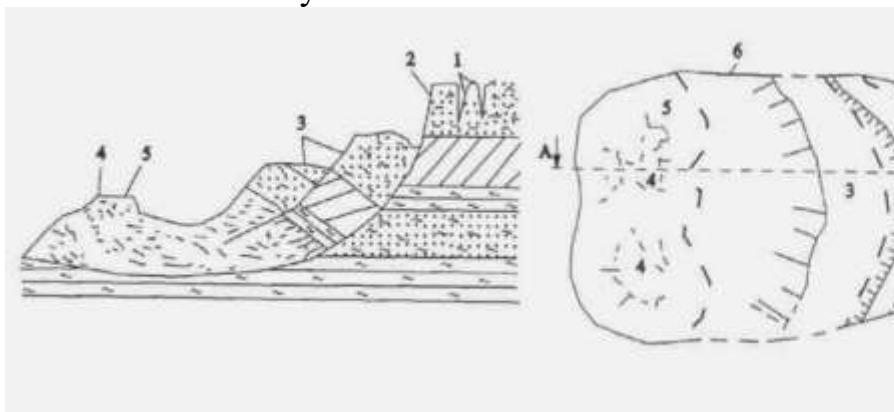


Рис. 29. Схема строения оползня (по И.И. Мазуру, О.П. Иванову, 2004). Поперечный профиль (слева) и в плане (справа): 1 – трещины отрыва; 2 – стенка срыва оползневого тела, далее – плоскость скольжения; 3 – тело оползня; 4, 5 – оползневые валы; 6 – контур оползневого тела

Коэффициент устойчивости и склона показывает соотношение сил сопротивления оползневому смещению и активныхдвигающих сил, т.е. отношение суммарной прочности пород вдоль этой

поверхности (на сдвиг) к алгебраической сумме касательных сил вдоль той же поверхности.

Коэффициенты устойчивости склонов непрерывно изменяются во времени, поэтому имеют определенную величину только для определенных момента времени и условий. Оползневое смещение начинается в тот момент, когда коэффициент устойчивости склона, уменьшаясь во времени, достигает величины, равной 1.

Оползни относятся к катастрофическим процессам, поскольку они образуются внезапно, развивают высокую скорость смещения (до нескольких метров в секунду) и представляют прямую угрозу жизни человека.

Большое число оползней потоков наблюдается в годы с большим количеством атмосферных осадков, когда уровень грунтовых вод повышается в 2–3 раза. Это повышение происходит с запаздыванием на 1–2 месяца после выпадения большого количества осадков. При длительном периоде подготовки смещения развитие процесса оползания идет медленно и неравномерно. Сход оползня в этом случае не является неожиданным и не представляет непосредственной опасности для человека. Тогда оползни создают опасность для движения транспорта (разрушение трансмагистралей); вызывают перекрытия рек, что способствует усилению катастрофических паводков, т.е. приводит к нарушению природной среды и значительному материальному ущербу.

*Основной поражающий фактор* – это внезапное смещение больших масс горных пород, под которыми могут быть погребены массы людей, животных, инженерные сооружения (вставка 8).

### **6.1.2. Прогноз и инженерно-технические мероприятия по защите от оползней и обвалов**

Прогноз оползней возможен на базе инженерно-геологических и геофизических работ. Прогноз необходим для грамотного размещения объектов народного хозяйства. Прогнозировать возникновение оползня на длительный срок достаточно сложно: требуется накапливать информацию о большом количестве параметров: о напряжениях в грунте на различной глубине, изменениях массы и плотности грунта и т.п. Прогноз должен дать ответы на вопросы: возможен ли оползень на данном месте? где возникнет

вначале?  
каковы  
размеры  
оползня,  
время его  
смещения?  
Прогнозы  
бывают  
заблаговре-  
менные (на  
ближайший  
год),  
краткосроч-  
ные и  
экстренного  
предупрежд-  
ения  
(наиболее  
достоверны-  
е).

Резуль-  
таты  
спасательны-  
х операций  
при этом  
бедствии  
зависят от  
времени,  
которое  
имеется в  
распоряжен-  
ии людей  
для  
реализации  
принятых  
решений.  
Основное  
требование  
к комплексу  
противопо-  
лзневых  
мероприяти-  
й –  
необходимо-  
сть  
обеспечения  
коэффициен-

та устойчивости склона не ниже заданного его значения на заданный срок при всех возможных видах нарушения его устойчивости.

Меры против оползневой опасности делятся на 2 группы: *охранноограничительные* (пассивные, профилактические) и *меры предупреждения* (активные, специальные).

*Меры охранно-ограничительные:* запрещение разного вида строительства, подрезки оползневых склонов, взрывов, недопущение «пригрузок» в виде подсыпок грунта, расположения водоёмов и водоводов, распашки участков, сброса ливневых, талых и сточных вод.

*Меры предупреждения против оползневой опасности:*

1) террасирование и выполяживание откосов, срезка верхней части бровки оползня;

2) лесопосадки на склонах оползневых масс, например: посадка деревьев, посев трав, а также покрытие склонов железобетонными плитами, искусственные пляжи и т. д.;

3) борьба с подмывом склона текучими водами рек – механическое удерживание оползающих масс у подошвы оползня за счет подпорных и волноотбойных стен, столбов, свай валов и т.д.;

4) дренирование подземных вод – возведение сооружений, перехватывающих подземные воды до их поступления на оползень (подземные галереи, водоотводящие каналы и трубы);

5) дренирование поверхностных (ливневых, талых) вод – осушение тела оползня (вертикальные и горизонтальные дренажные каналы);

6) устройство тоннельных обходов, спрямление русел, отвод водотоков;

7) изменение свойств грунтов тела оползня – искусственное закрепление и мелиорация.

### **6.1.3. Рекомендации по защите при оползнях, обвалах**

Можно ли предсказать начало оползня и обвала? Да, можно. Оползень или обвал никогда не является внезапным. Вначале появляются трещины в грунте, разрывы дорог и береговых укреплений, смещаются здания, сооружения, деревья, телеграфные столбы, разрушаются подземные коммуникации. Очень важно

заметить эти первые признаки и дать правильный прогноз.

Двигается оползень с максимальной скоростью только в начальный период, далее она постепенно снижается. Чаще всего оползневые явления происходят осенью и весной, когда больше всего дождей.

А если оползень начался? Как поступить? (табл. 6). Необходим о предупредить население о возможной активизации оползней. Если обстановка потребует, организовать

ь эвакуацию людей, вывод животных и вывоз имущества в безопасные районы.

Таблица 6 Действия населения при активизации оползней на территории

Подготовительный этап	Действия при смещении оползня	Действия после смещения оползня
<ul style="list-style-type: none"> <li>– изучение информации о возможных местах и границах оползней;</li> <li>– изучение сигналов оповещения об угрозе возникновения оползня и порядка действия при подаче сигнала;</li> <li>– при появлении признаков оползня (заклинивания дверей и окон, трещины в зданиях) сообщение в пост оползневой станции</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– после сигнала об угрозе оползня – отключение электроприборов, газовых приборов и воды;</li> <li>– подготовка к эвакуации;</li> <li>– при слабой скорости оползня (м в 1 месяц) перенесение строений на неопасное место;</li> <li>– при скорости более 1 м в сутки эвакуация с документами, ценными вещами, продуктами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– в уцелевших строениях</li> <li>– проверка линий электроснабжения, водопровода, газоснабжения;</li> <li>– при отсутствии повреждений помощь спасателям в извлечении пострадавших;</li> <li>– самопомощь и доврачебная помощь пострадавшим;</li> <li>– следование указаниям спасателей</li> </ul>

## 6.2. Сели, снежные лавины

### 6.2.1. Описание селей и снежных лавин

Согласно общей генетической классификации экзогенных геологических процессов, разработанной А.И. Шеко в 1994 г. [32], сели по генезису отнесены к группе, обусловленной поверхностными водами, а снежные лавины – энергией рельефа (силой тяжести).

**Сель** – это временные горные русловые потоки с большим содержанием (не менее 100–150 кг на 1 м<sup>3</sup>) твёрдого материала (глыб, песка, глины), движущихся со скоростью до 15 км/ч. Сели отличаются внезапным возникновением и быстрым движением и высокими ударноразрушительными свойствами.

Для формирования селя необходимо наличие: а) воды, количество и скорость движения которой достаточны для вовлечения горных пород в движение с образованием конусов выноса; б) рыхлых или слабосвязанных неоднородных горных пород в руслах водотоков. На характер и интенсивность селевого процесса оказывают влияние уклоны рельефа территории. Климатические условия определяют условия формирования жидкой составляющей селей, а также характер разрушения пород.

Причинами образования и схода селей могут быть природные и антропогенные факторы (табл. 7).

Таблица 7

Природные

П  
Р  
И  
Ч  
И  
Н  
Ы  
  
Ф  
О  
Р  
М  
И  
Р  
О  
В  
А  
Н  
И  
Я  
  
С  
Е  
Л  
Е  
В  
Ы  
Х  
  
П  
О  
Т  
О  
К  
О  
В

<ul style="list-style-type: none"> <li>– наличие на склонах песка, гравия, глыб;</li> <li>– значительный объем воды (ливни, таяние ледников, снегов, прорыв озер);</li> <li>– крутизна склонов более 10°;</li> <li>– землетрясения, вулканическая деятельность;</li> <li>– обрушение в русло рек большого количества грунта (обвал, оползень);</li> <li>– резкое повышение температуры воздуха</li> </ul>	<p style="text-align: right;">Таблица 8</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– создание на склонах гор искусственных водоемов;</li> <li>– вырубка леса, кустарника на склонах;</li> <li>– деградация почвенного покрова в результате выпаса скота;</li> <li>– взрывы, разработка карьеров;</li> <li>– нерегулируемый сброс воды из ирригационных водоемов на склонах;</li> <li>– неправильное размещение отвалов отработанной породы горнодобывающими предприятиями;</li> <li>– подрезка склонов дорогами;</li> <li>– массовое строительство на склонах</li> </ul>
---	--

Селевые потоки распространены во всех горных районах земного шара. В России сели развиты на Северном Кавказе, Закавказье (от Новороссийска до Сочи) Прибайкалье, Приморье, Камчатке, Сахалине, Курильских островах.

Период селеобразования: для Кавказа – (июль – август); для Средней Азии – (март – июнь); Восточная Сибирь – (май – июль).

Мощность и повторяемость селевых потоков приведены в табл. 8 .

### Мощность и повторяемость селевых потоков

<i>Мощность селевых потоков</i>			
Катастрофические	Мощные	Средней мощности	Слабой (малой) мощности
ВЫНОС более 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	ВЫНОС 100 000–1000000 м <sup>3</sup>	ВЫНОС 10 000 –100 000 м <sup>3</sup>	ВЫНОС менее 10 000 м <sup>3</sup>
<i>Повторяемость селевых потоков</i>			
1 раз в 30–50 лет	1 раз в 10–12 лет	1 раз в 5–6 лет	несколько раз в год – 1 раз в 2–4 года

Опасность селя заключается в их внезапном проявлении. Поражающим фактором селя является быстрое перемещение (до 15 км/ч) огромных масс грязевых, водокаменных или грязекаменных потоков, как правило, по руслам рек, сметающих все на своем пути, т.е. динамические силы водонасыщенных грунтовых масс. Сели неожиданно возникают и быстро проходят (за 1–3 часа волнами по 10–30 минут).

Наибольшей силой и опасностью обладают крупные сели, которые характеризуются повышенной внезапностью и прямолинейностью движения. Мощные селевые потоки повторяются раз в 30–50 лет и выносят до 4 млн. куб. м обломочного материала. Менее мощные сели повторяются ежегодно, иногда по несколько раз в год (вставка 9).

Катастрофические сели представляют угрозу для населения и часто приводят к человеческим жертвам. Например, в Киргизии посёлок в 13 км от г. Бишкек пострадал от проявления селя в июле 2003 г. Погибло несколько человек, 300 домов затоплено, а 60 туристов Арчинского ущелья оказались в изоляции. Ущерб существует потому, что человек стремится использовать селеопасные территории, т.к. люди селятся у подножья гор, где наиболее эффективны сельскохозяйственные угодья. Любые предгорья – это места разгрузки циклонов и обильных осадков, что является необходимым условием образования селевых процессов. Селевые потоки наносят ущерб в основном автомобильным и ж/д трассам, мостам, ирригационным сооружениям. Величину ущерба определяют затраты и на профилактические мероприятия, и на строительство сооружений.

### **Вставка 9**

В 1921 г. чудовищный сель свалился с гор на спящую Алма-Ату и прошел город из конца в конец фронтом в 200 м. Не считая воды, песка, грязи, обломков деревьев, камней обрушилось на город столько, что хватило бы для загрузки нескольких сот товарных вагонов. Объем селя ученые определили в 1200 тыс. куб. м. Опасность повторения такой катастрофы существовала постоянно. А город рос. Последствия могли стать все ужаснее. Решили создать плотину методом искусственного взрыва. В 1966 г. такую плотину создали в урочище Медео. А в 1975 г. приборы сообщили о возникновении селя. Около 100 тыс. куб. м воды низверглось с гор вниз, а через несколько минут в сели был уже 1 млн куб. м камней. Страшно подумать, что бы было: в озеро у плотины ежесекундно добавлялось по 1 куб. м воды. Это было первое стихийное бедствие в Средней Азии, которое не только предсказано, но и нейтрализовано.

**Снежная лавина** – снежный обвал, масса снега, падающая или соскальзывающая с крутых склонов (аналогично обвалу) и увлекающая на своем пути новые массы снега (вставка 10). Основными факторами лавинообразования являются: соотношение крутизны склона ( $20\text{--}50^\circ$ ) и мощности снега (не менее 30 см), метаморфизация снежного покрова (перекристаллизация снега с образованием внизу слоя снежного инея), температурный режим внутри снежной толщи, метеорологические условия (сильный снегопад и высокие температуры воздуха), микрорельеф подстилающей поверхности, а также землетрясения (или любое внешнее сотрясение).

На территории России 18 % площади занимают лавиноопасные районы с высокой степенью лавинной активности, менее 5 % относятся к потенциально опасным районам (Трошина, Глазовская, 1996). Снежные лавины распространены в горных районах Кавказа, Урала, в Восточной и Западной Сибири, на Дальнем Востоке, на Сахалине. Виды снежных лавин представлены на рис. 30.

## Вставка 10

**Белая смерть.** После нескольких недель необычных сильных снегопадов лавина, сошедшая на альпийскую деревню Гальтюор, погубила 31 человек. Это рекордное число для европейских лавин за последние полвека. Во второй половине дня 23 февраля 1999 г. колоссальная масса снега сорвалась со склонов и понеслась вниз к деревне – австрийскому лыжному курорту. «Облако снега (огромная белая волна) надвигалось на нас, словно паровой каток. Я видел, как оно поднялось на 40–50 м над отелем и, может быть, выше. Потом я заорал: «Она идёт!» – вспоминает лыжный инструктор Луиджи Сальнер. По оценкам экспертов, снежная лавина неслась со скоростью 200 км/ч. Лавина завалила деревню до самой церкви. Потом семь часов оставшиеся в живых люди рылись в завалах, ища погребённых. Снег схватился, как бетон. Куда ни ткнёшь – твёрдое место. Лавина стала результатом аномальной погоды, установившейся к концу января 1999 г. и перегрузившей склоны Альп снегом. Выпало вдвое больше осадков, чем обычно за зиму. К 23 февраля по всем Альпам было объявлено лавинное предупреждение. Сход лавины зависит от множества факторов (температурный, геоморфологический и т.д.). Никто не знал, где и когда лавины обрушатся. Для защиты от лавин австрийские власти используют систему зонирования местности. В красной зоне, где риск максимален, любое строительство запрещено. В жёлтой опасность ниже, но здания должны быть особо прочными. Разрабатывается программа противолавинной защиты города (установка стальных барьеров, артобстрел склонов, посадка новых деревьев и т.д.)

Сухие лавины имеют скорость 100 м/с, давление – 40–100 т/м<sup>2</sup>. При её движении возникает сильная воздушная волна.

Мокрые лавины состоят из плотного и вязкого (мокрого) снега, вес 1 м<sup>3</sup> которого составляет 400–500 кг, скорость лавины – 10–20 м/с, воздушной волны нет. Давление до 200 т/м<sup>2</sup> (пробивает кирпичное здание).

Причины снежных лавин обусловлены как природными, так и техногенными факторами (табл. 9).



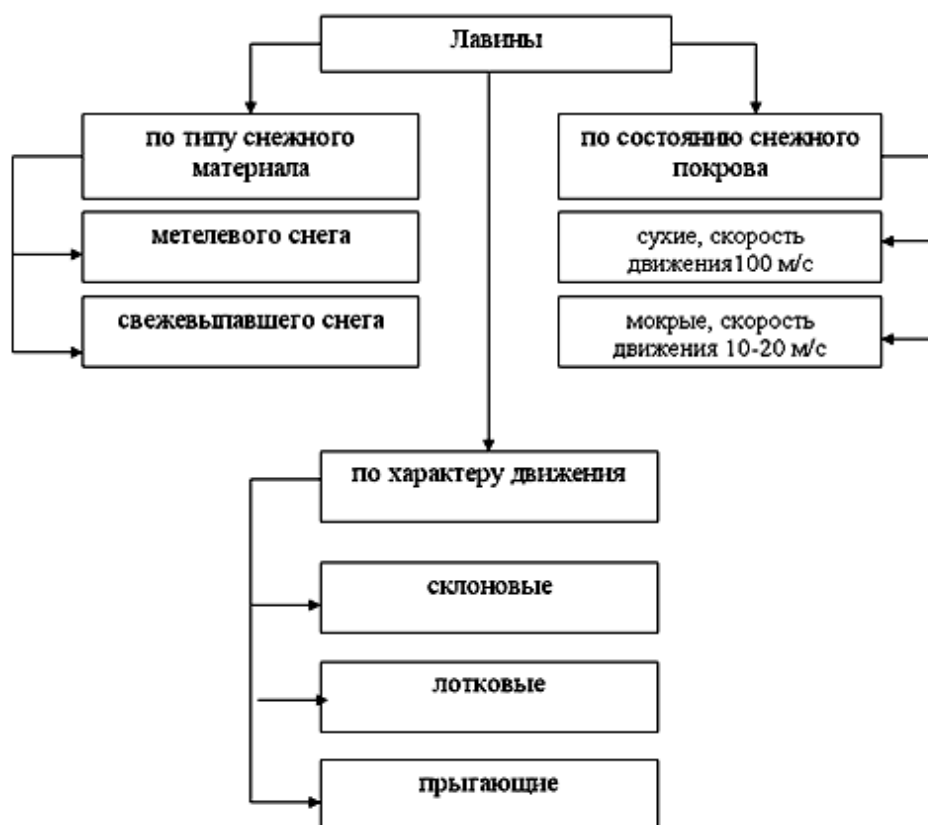


Рис. 30. Виды снежных лавин

Таблица 9

### Причины снежных лавин

<i>Природные</i>	<i>Антропогенные</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– скопление различных типов снега толщиной слоя 30–70 см;</li> <li>– сильные и продолжительные метели, снегопады;</li> <li>– крутые склоны (от 15 до 50°) длиной более 500 м;</li> <li>– отсутствие растительности на склонах;</li> <li>– внезапные оттепели;</li> <li>– сдувание ветром снега с подветренного слоя и перенос его на гребень, образование карниза над наветренным склоном</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вырубка леса и кустарников на склонах гор;</li> <li>– нарушение травяного покрова;</li> <li>– взрывные работы;</li> <li>– сильный звук</li> </ul>

Воздействие лавины на человека, биоту и хозяйственные объекты определяется потенциальной энергией лавины, зависящей от высоты падения и объёма снежной массы. Разрушительная способность лавины связана с большим давлением, которое она оказывает на встречающиеся на пути препятствия. Разрушительные последствия от прохождения лавины характеризуются тем, что при давлении  $10^4$  Па деревянные и мелкие каменные постройки,  $10^5$  Па – выворачиваются с корнями взрослые деревья,  $10^6$  Па – повреждаются и разрушаются бетонные здания. Чем больше объём лавины, тем тяжелее могут быть её последствия. Поражающие факторы снежных лавин делятся на первичные и вторичные (табл. 10).

Таблица 10

### Поражающие факторы снежных лавин

<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– воздушная ударная волна (вал сжатого воздуха перед фронтом лавины);</li> <li>– стремительно передвигающийся по горным склонам плотный поток снега, камней, гальки;</li> <li>– смерзшаяся в монолит снеговая масса</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разрушения и завалы зданий, дорог, мостов;</li> <li>– обрыв линии электропередач, связи;</li> <li>– подпруживание горных рек</li> </ul>

Лавины наиболее опасны для туристов, т.к. вблизи лавиноопасных участков, отличающихся красотой ландшафта, пролегают туристические маршруты, располагаются турбазы. Сходы лавин, приводящие к гибели людей, происходят в мире не реже 1 раза в год со средним интервалом в каждом горном районе не более 20 лет.

### **6.2.2. Прогноз и инженерно-технические мероприятия защиты от селей и снежных лавин**

Для прогноза *селеобразования* используют качественные оценки (вероятность возникновения землетрясений, вулканов; крутизна склонов; характер русла реки и др.) и количественные показатели (метеорологические, климатические, гидрологические данные). Возникновение селя прогнозируется, как правило, в определенный для данной местности период: для Закавказья – это июль–сентябрь; для Средней Азии – апрель – июль.

Эффективность профилактических мероприятий зависит от правильного выполнения организационных, технических и специальных мероприятий.

*Организационные* – оповещение населения; запрещение рубки леса и выпаса скота на опасных участках; ограничение разработок горных пород.

*Технические* – искусственное снеготаяние в местах зарождения селей; селезадерживающие сооружения; спуск талой воды.

*Специальные (инженерные)* – селезащитные дамбы; специальные котлованы; искусственное разжижение селевого потока водой.

Инженерные противоселевые мероприятия можно разделить на 4 группы: селепропускные (отводы), селенаправляющие (дамбы, подпорные стенки), селебрасывающие (запруды, перепады, пороги), селеотбойные (бумы, шпарты).

Наиболее распространённым мероприятием является строительство каскада запруд и селехранилищ путём возведения высоких плотин. В горах Заилийского Алатау, в долине реки Малой Алматинки (ущелье Медео), в 1967 г. была построена плотина высотой 150 м. Плотина выдержала сели 1972 и 1973 гг. Объем селехранилища составляет 12,6 млн м<sup>3</sup>.

Противоселевые сооружения:

- а) плотины (бетонные, железобетонные, земляные) с водопропускными узлами для сбора всего твёрдого стока селя;
- б) плотины фильтрующие с решётчатыми ячейками в теле плотины для пропуска жидкого стока и задержки твёрдого;
- в) каскады запруд или низконапорных плотин;
- г) лотки и селедуги для транзитного пропуска селевой массы под и над дорогами;
- д) напорные стокоперехватывающие и водосбросные каналы для перехвата жидкого стока со склонов и отвода его в ближайшие водотоки.

Для прогноза лавин следует учитывать не только текущие метеорологические условия, но и количественные характеристики зимней погоды прошлого года (температурный режим, плотность и прочностные характеристики снега и т.д.). Эти характеристики определяют дистанционными наблюдениями, а также на опытных площадках в лавиноопасных местах вблизи зарождения лавин. Выдать прогноз времени схода лавин практически невозможно. Поэтому ограничиваются оценкой вероятности схода лавин и определением времени, когда наиболее целесообразно производить искусственное обрушение снега с лавиноопасных склонов.

Пассивная борьба с лавинами включает: а) составление карт прогноза лавинной опасности; б) создание службы дозора и предупреждения; в) организацию мониторинговых наблюдений (станций) за лавинами; г) создание спасательной службы; д) определение правил поведения людей при сходе снежных лавин.

Активная борьба с лавинами предусматривает следующие мероприятия: а) искусственное обрушение лавин (сброс миномётным огнём, подпиливание снежных карнизов); б) предупреждение соскальзывания снега со склонов (лавинорезы, направляющие дамбы); в) предупреждение снегонакопления в лавиносборах (деревянные щиты, каменные стенки); изменения пути движения лавин (лавинорезы, направляющие дамбы); пропуск лавин над защищаемыми объектами (галереи, навесы, тоннели).

### **6.2.3. Рекомендации по защите и поведению при селях и снежных лавинах**

Быстрое освоение горных территорий, в том числе под зимние виды спорта, делают особенно острой проблему развития системы предупреждения и прогноза селей и лавин, профилактического их сброса, строительства противолавинных и противоселевых сооружений.

Единственная возможность спасти попавшего в лавину или селя человека – это быстро и правильно организовать спасательные работы. При

откапывании попавшего в лавину человека в течение 10 минут в живых остаются около 70 %. Если вы попали в лавину, следует не сопротивляться движению лавины, а, наоборот, стараться плыть по течению, чтобы вынесло наверх или на боковую сторону лавины. Действия населения при активизации селевых потоков и снежных лавин см. в табл. 11.

Таблица 11 Действия населения при активизации селевых потоков

<i>Действия до схода селевого потока</i>	<i>Действия при сходе селевого потока</i>	<i>Действия после схода селевого потока</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– изучение местоположения селевых потоков;</li> <li>– отключение электропитания, газовых приборов и водопровода (после сигнала об эвакуации);</li> <li>– закрытие дверей, окон, вентиляционных отверстий;</li> <li>– эвакуация людей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выход со дна русла – от реки вверх не менее чем на 50–100 м (при нахождении в горах);</li> <li>– попытка выбраться из селевого потока (при попадании в селевой поток)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– оказание самопомощи при травмах;</li> <li>– оказание доврачебной помощи пострадавшим;</li> <li>– помощь в разборе завалов, заносов по пути движения селя</li> </ul>

Таблица 12 Действия населения при активизации снежных лавин

<i>Действия до схода лавины</i>	<i>Действия при сходе лавины</i>	<i>Действия после схода лавины</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– изучение сводок погоды до выхода в горы;</li> <li>– изучение по карте мест схода лавин;</li> <li>– быстрое реагирование на изменение погоды и выход из опасной зоны до начала снегопада, метели;</li> <li>– переход долин рек с крутизной склона более после снегопада через 2–3 дня;</li> <li>– отказ от похода в опасные зоны весной и летом;</li> <li>– при появлении шума, звуков ломающегося льда, белой пыли, катящихся снежных комьев следует выходить из опасной зоны</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– при шуме высоко в горах быстрый выход с пути лавины в безопасное место, укрытие за выступом скалы, в выемке;</li> <li>– при невозможности избежать встречи с лавиной избавление от вещей (рюкзак, лыжи, палки);</li> <li>– ориентация тела по направлению движения лавины с поджатыми к животу коленями в горизонтальном положении;</li> <li>– удержание на поверхности, перемещение к краю, где скорость ниже, захват за выступ скалы, дерево;</li> <li>– если лавина накрыла, создание пространства около лица и груди для облегчения дыхания;</li> <li>– движение вверх без лишних движений и криков, пока снег</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– поиск пострадавших (при нахождении вне зоны схода лавины);</li> <li>– осмотр и самопомощь (при выходе из-под лавины);</li> <li>– помощь пострадавшим;</li> <li>– действия по указанию спасателей</li> </ul>

Как видим, для своевременного принятия мер, организации надежной защиты населения от селей и лавин первостепенное значение имеет четкая система оповещения и предупреждения. Времени в таких случаях очень мало, и население о грозящей опасности может узнать всего за десятки минут. Главное – немедленно уйти из вероятной зоны заполнения участка селем или лавиной в более возвышенные места.

Таким образом, экзогенные геологические процессы, вызванные в основном внешними по отношению к Земле силами, происходят на поверхности или в самых верхних частях литосферы. Многие из них относятся к опасным и экологически неблагоприятным, оказывающим отрицательное влияние на сферу жизнедеятельности человека. Большинство ЭГП относится к категории зональных, распространение которых в первую очередь контролируется климатическими (солнечной энергией) и орографическими (силой тяжести) факторами. Экзогенные процессы изменяют внешний облик Земли, разрушая даже самые прочные породы. Этот цикл принято делить на 3 части: а) выветривание (разрушение горных пород); б) денудация (снос продуктов этого разрушения под действием силы тяжести, ветра, текучих вод и т.д.); в) аккумуляция (накопление осадков). К ним, кроме рассмотренных в главе наиболее опасных для жизни человека оползней, обвалов, осыпей, селей и лавин, относятся также выветривание, абразия, эрозия (оврагообразование), карст, суффозия, заболачивание, пучение, пльвуны, наледи, солифлюкция и т.д. [32].

## Глава 7 ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АТМОСФЕРЕ

### 7.1. Циклоны и бури

Циклоны и бури относят к сильным ветрам со значительным перепадом атмосферного давления. *Циклон* (по-другому – *депрессия*) – это система погоды, в которой атмосферное давление убывает до некоторой минимальной величины в центре, а ветры дуют по спирали в направлении этого центра.

Общее название опасных атмосферных вихрей с пониженным давлением в центре относят к *циклонам*. Это вихревое движение зарождается вокруг мощных восходящих потоков тёплого влажного воздуха, быстро вращается против часовой стрелки в Северном полушарии, при этом смещается вправо вместе с окружающим их воздухом. Циклоны делят на два вида: среднеширотные и тропические (*тайфуны*). Среднеширотные циклоны формируются как над водой, так и над сушей. Тропические циклоны формируются только над тёплыми тропическими океанами.



Рис. 31. Природные опасности метеорологического характера

Тропический циклон, достигший большой силы, *ураган*, если зарождается в Атлантическом океане; *тайфун* – в Тихом океане; *циклон* – в Индийском океане. На территории суши (пустынях) сильные ветры служат причиной пыльных и песчаных *бурь*.

### 7.2. Циклоны средних широт, тропические циклоны (ураганы, тайфуны)

*Тропические* циклоны (тайфуны) отличаются от *среднеширотных* меньшими размерами, меньшим давлением в центре, большим запасом влаги,

более сильными ветрами. *Циклоны* тропические образуются, как правило, над теплыми тропическими океанами (в обе стороны от экватора), а среднеширотные – также и на континентальной части планеты. Время существования циклонов средних широт составляет 3–4 недели, а диаметр их достигает порядка 1 тыс. км (максимум 4 тыс. км), скорость – 30–40 км/ч.

*Ураган* – ветер большой разрушительной силы и значительной продолжительности, чаще зарождается в Атлантическом океане. Это атмосферные вихри больших размеров со скоростью ветра до 160 км/ч, а в приземном слое до 200 км/ч. Ежесекундно выделяется энергия, эквивалентная взрыву пяти атомных бомб хиросимского типа. Скорость ветра является важной характеристикой урагана, которая для удобства выражается в баллах (табл.13). Ураганы бывают слабые (со скоростью ветра до 145 км/ч), сильные (до 200 км/ч) и экстремальные (свыше 200 км/ч). Радиус ветров ураганной силы достигает 300 км, при этом образуется пояс в 300 тыс. км<sup>2</sup>, в котором действуют разрушительные силы урагана при его продвижении вперед. Как правило, ураган зарождается в том случае, если воздух в каком-то месте сильно прогревается, становится легче обычного и поэтому поднимется вверх. На его место устремляется более холодный воздух. Восходящие потоки приводят к конденсации значительных масс водяного пара, при этом вновь выделяется энергия, температура еще поднимается и т.д. А в центре урагана формируется относительно спокойная область, ее называют *глаз тайфуна*. В центре тайфуна (циклон в Тихом океане) небо чаще всего ясное, в то время как вокруг ревет и свищет ураганный ветер. Сюда, в область низкого давления, со всех сторон несутся волны.

Многие исследователи пытались проникнуть в *глаз тайфуна*. И для большинства из смельчаков экспедиция закончилась трагически. В 1959 г. впервые француз Пьер-Андре Молэн достиг *глаза тайфуна* «Вера». С тех пор он стал «охотником за тайфунами» – исследователем законов возникновения, развития и гибели тайфунов.

Ураганы – явление сезонное, как правило, они возникают с июля по сентябрь. Над океаном зарождается много сотен циклонов, но развивается в ураган только один из десяти (10 %). Одна из причин этого – недостаточный прогрев воздуха над океаном: требуемая температура поверхности воды должна составлять не менее 27 °С. Ежегодно возникает в среднем около 50 тропических циклонов, достигающих ураганной силы, в том числе около 20 – в западной части Тихого океана с движением к восточным берегам Азии, вплоть до Камчатки, 14 – в Индийском океане с движением к южным берегам Азии и восточным берегам Африки, 7–8 – в Атлантике с движением к берегам Центральной Америки и США, вплоть до полуострова Лабрадор, 6 – в восточной части Тихого океана с движением к



западным берегам США, остальные – восточнее Австралии с движением к этому континенту и к Новой Зеландии. От года к году число тропических циклонов, зарождающихся в каждом районе, колеблется в пределах 50 %, среднее – в пределах 30 % повторяются приблизительно с 11-летней ритмичностью.

Таблица 13

Классификация (шкала) скорости ветров

Баллы	Скорость ветра		Характеристика ветра (название ветрового режима)	Признаки
	м/с	км/ч		
0	0	0	Штиль (полное затишье)	Дым идет прямо
1	0,9	3,24	Тихий	Дым изгибается
2	2,4	8,64	Легкий	Листья шевелятся
3	4,4	15,84	Слабый	Листья двигаются
4	6,7	24,12	Умеренный	Листья и пыль летят
5	9,3	33,48	Свежий	Тонкие деревья качаются
6	12,3	43,30	Сильный	Качаются толстые ветки
7	15,5	55,80	Крепкий	То же
8	19,1	68,80	<b>Буря</b>	Стволы деревьев изгибаются
9	22,9	79,41	Шторм, буря	Ветви ломаются
10	26,4	95,00	Сильный шторм	Черепица и трубы срываются
11	30,5	110,00	Жестокий шторм	Деревья вырываются с корнем
12	34,8	122,00	<b>Ураган</b>	Везде повреждения
13	39,2	145,00	Сильный ураган	Большие разрушения
14	43,8	158,00	То же	То же
15	48,6	175,00	Жестокий ураган	— » —
16	53,6	193,00	То же	— » —
17	>58	>200	— » —	—» —

В США все виды чрезвычайных ситуаций, связанных с ураганами, занимают первое место среди других причин чрезвычайных ситуаций по среднему многолетнему числу жертв и третье место (после наводнений и морозов) по величине прямого экономического ущерба (вставка 11). Наиболее опасны циклоны в зимнее время, когда они сопровождаются большими снегопадами. Продолжительность штормовых и ураганых ветров над некоторой точкой побережья – от немногих часов до 4 суток. Территории

России разрушительные циклоны Атлантики достигают относительно редко. Наиболее сильное воздействие западных циклонов проявляется в обильных осадках, ливневых наводнениях, буранах, снегозаносах и ощущается преимущественно в европейской части страны. В

России ураганы распространены на Дальнем Востоке, в Калининградской области и в северо-западных областях страны. На Камчатке, Сахалине, Курильских островах, в Приморье сильные тайфуны (зарождаются в Тихом океане) бывают раз в несколько лет, слабые – до 2–4 раз в год. Рекордная скорость ветра во Владивостоке – 65 м/с, довольно частая – более 40 м/с.

Основными разрушительными факторами урагана являются высокая скорость ветра, скоростной напор воздушного потока, его сила и продолжительность.

#### **Вставка 11**

**Описание встречи с ураганом Колумба в 1492 году.** «Никогда не видел моря столь вздыбленным, столь ужасным, настолько покрытым пеной. Поверхность моря казалась кипящей, словно вода в котле на большом огне. Ужас вселяла в нас эта буря, вода казалась багрово-красной, кровавой. Небо и море пылали, словно вокруг был ад, огненные искры раскалывали все небо. Люди были настолько изнурены, что предпочитали смерть. Корабли теряли шлюпки, якоря, управление...».

Одним из наиболее трагических (зафиксированных в XX столетии) считается циклон, развившийся среди ночи 12 ноября 1970 г. в Бангладеш. От 30 до 50 тыс. человек были убиты совместными усилиями воды и ветра. Ветры промчались со скоростью 240 км/ч. Циклонический ветер гнал приливную волну высотой 6 м, гребни волн местами достигали 50 м, залито водой более 2/3 площади страны.

Число разрушенных жилищ достигает десятков тысяч в Бангладеш, Индии, Китае, Индонезии, на Филиппинах. В июне 1991 г. в Бангладеш бездомной осталась почти 1/10 часть населения страны. Разовый прямой экономический ущерб в этих странах – более 100 млн

Таким образом, *поражающие факторы* урагана – сильные ветры, штормовые нагоны, морские волны, ливни (табл. 14).

Скорость ветра урагана, несущего большие массы воды, грязи и песка, может достигнуть 400 км/ч (табл.13). Ураганы разрушают здания, приводят к гибели людей, переносят по воздуху тяжелые предметы. Велика разрушительная сила от ударов предметов, уносимых ураганным ветром. Ураганы сопровождаются сильными затяжными дождями, выпадает до 2500 мм осадков, поэтому любая территория может оказаться затопленной. К наводнению приводят штормовые нагоны, которые могут на несколько метров поднять уровень океана у берегов. Нагоны могут держаться от 6 часов до нескольких дней и затапливать участки шириной до 30 км. Разрушения и человеческие жертвы связаны также со штормовыми

волнами, обрушивающимися на прибрежные участки суши. Штормы и ураганы в Западной Европе (Франция, Англия, Голландия, ФРГ и др.) срывают крыши, валят деревья, разбивают автомашины и автобусы, рвут ЛЭП, оставляя без электричества до сотен тысяч человек. На величину ущерба оказывают большое влияние огромные массы приливных вод на морском побережье и продолжительные ливневые дожди, вызывающие обширные наводнения.

Таблица 14 Поражающие факторы урагана

<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– сильный ветер, несущий большие массы воды, грязи, песка (до 250 км/ч);</li> <li>– штормовые нагоны;</li> <li>– морские волны (высотой более 10 м);</li> <li>– ливни (500–2500 мм)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– тяжелые предметы, переносимые ветром;</li> <li>– подтопление, затопление территории;</li> <li>– разрушение зданий и сооружений;</li> <li>– обрыв линий электропередач;</li> <li>– повал деревьев, мачт, труб, опор и т.п.;</li> <li>– пожары, взрывы</li> </ul>

*Силу урагана* определяет совместное действие ветра и воды. Наибольшую силу имеют тропические ураганы, у которых наблюдается небольшой диаметр воронки и наибольшие скорости ветра. Циклоны средних широт (распространены в Европе) характеризуются большим диаметром «глаза», меньшей скоростью ветров и большей повторяемостью. Разрушительная сила у них значительно меньше. Но количество осадков весьма значительно, и наводнение занимает обширные территории (до сотен км<sup>2</sup>). Сила урагана определяется перепадом давления вокруг границы и в центре: часто оно уменьшается с 996 до 948 мбар. Установлено, что перепад давления менее чем на 50 мм рт. ст. значительно снижает силу давления (на 2 млн т), оказываемое атмосферой на одну квадратную милю (2,6 км<sup>2</sup>).

Ураганы занимают второе место в мире после наводнений по числу чрезвычайных ситуаций и величине экономического ущерба.

### 7.3. Шквальные бури и смерчи (торнадо)

Штормовые ветры – наиболее распространённое природное стихийное бедствие. Шквальные *бури (штормы)* и *смерчи (торнадо)* – это вихри, возникающие в теплое время года на мощных атмосферных фронтах, но иногда и при особо интенсивной местной циркуляции. Наименьшая по размерам и наибольшая по скорости вращения форма вихревого вращения воздуха называется *смерч* (в Америке – *торнадо*). Смерчи могут сформироваться над сушей и над поверхностью воды.

*Шквалы* – горизонтальные вихри под краем наступающей полосы

мощных кучево-дождевых облаков. Ширина шквала отвечает ширине атмосферного фронта и достигает сотен километров. Скорость движения воздуха в вихре складывается со скоростью движения фронта и местами бывает ураганной (до 60–80 м/с). Их ширина – несколько километров, редко до 50 км, длина пути – 20–200 км, длительность в каждой точке пути – от нескольких до 30 минут. Они сопровождаются мощными ливнями и грозами. Шквалы и местные шквальные бури характерны для всех территорий, охватываемых циклонической деятельностью. Например, в России (Нижегородская область) сезон шквальных бурь определён в апреле – сентябре, максимальная повторяемость (более одного дня из пяти) – с 26 мая по 10 июня; число дней за сезон со шквалами больше 15 м/с – 18,1; 20 м/с – 9,3; 25 м/с – 2,4; более 30 м/с – 0,8 дня.

*Смерч (торнадо)* – это восходящий вихрь, состоящий из чрезвычайно быстро вращающегося воздуха, а также частиц влаги, песка, пыли и других взвесей. Он представляет собой быстро вращающуюся воронку, свисающую из кучево-дождевого облака и ниспадающую, как воронкообразное облако. Чаще всего смерч хорошо виден со стороны. Среднее время существования смерча – 10–30 мин. Смерч – это наименьшая по размерам (в поперечнике от нескольких метров до нескольких сотен метров) и наибольшая по скорости вращения (до 200 м/с) форма вихревого движения воздуха. Кроме этого, существует резкий перепад давления на расстоянии в несколько метров. Удар вращающейся стенки (давление – до десятков тонн на 1 м<sup>2</sup>) способен разрушить капитальные строения. Перепад давления вызывает «взрывы» зданий, к которым прикасается смерч.

Начальные условия для образования смерча – мощное грозовое облако и обильные осадки из него – обычно достигаются при комбинировании тепловой конвекции и поднятии теплого воздуха подтекающим под него клином холодного. Поэтому 90 % смерчей связаны с холодными фронтами, остальные – с экстремально сильной внутримассовой конвекцией.

Смерчи образуются во многих областях земного шара, как над водной поверхностью, так и над сушей, возникая чаще всего вдоль фронта встречи двух воздушных течений: теплого и холодного (на Русской равнине, в Черном море, Центрально-Черноземном районе, Молдавии, Белоруссии, Прибалтике и т.д.). Анализируя случаи возникновения смерчей, можно сделать вывод о том, что наиболее благоприятны для образования смерчевых облаков обширные равнины, над которыми происходит встреча теплых и холодных воздушных течений.

*Торнадо (смерч в Северной Америке)* – мощные сконцентрированные спиральные вихри с вертикальной осью вращения, порождаемые грозовыми облаками высотой до 12–15 км. Из них начинается выпадение дождя и града в кольце вокруг восходящей вертикальной струи. В некоторый момент завеса дождя закручивается в спираль в форме цилиндра или конуса, касающегося земли. Смерч достигает земли и движется по ней,

принося большие разрушения. Восходящий поток воздуха (скорость до 70–90 м/с) способен поднять и перенести на значительные расстояния частицы почвы, а также людей, животных, автомашины, крупнейшие деревья и т.д., «бомбардировка» поднятыми смерчем предметами опасна. Большая разность давления между периферией и внутренней частью воронки, в связи с возникновением огромной центробежной силы, вызывает эффект мощного всасывания всего, что находится на пути смерча. Смерчи способны приподнимать железнодорожные вагоны массой до 13 т.

Смерчи (торнадо) – вид чрезвычайных ситуаций в США. Здесь ежегодно отмечается от 450 до 1500 торнадо (в Канаде в среднем 30 за год). Из них 1/3 – на «аллее торнадо», протянувшейся от Техаса к северу через Оклахому и Канзас. Здесь они возможны круглый год, в основном в марте – августе (в январе отмечается в среднем около 10 смерчей, в мае – 150–200) (вставка 12).

#### **Вставка 12**

Самый мощный из американских торнадо – Ирвингский. Он, проходя по территории США, скрутил в аккуратный сверток железнодорожный мост длиной 75 метров и весом 115 тонн и утопил его в реке.

*Рассказ очевидца:* «В тот страшный день 3 апреля 1973 г. телетайпы отстучали сообщение: сообщаем о прохождении торнадо недалеко от Ирвингтона (США). Самый страшный смерч, описав дугу, ринулся на город. Приближалась черная воронкообразная туча, слышался грохот, напоминающий шум поезда. Торнадо разметал половину жилых домов, давя как виноград автомобили. Пройдя по территории завода, торнадо скрутил в узлы заводские трубы. А затем был вечер – холодный и дождливый. По кучам развалин бродили бездомные люди. Выли собаки. В отупении сидели старики, разом потерявшие все, ради чего трудились всю жизнь. Они не хотели ни есть, ни спать. Они не хотели начинать всё с начала».

Летом 1948 г. смерч под Тулой (Россия) перенес на 200 метров деталь весом в 500 кг. В Ростове в 1927 г. смерч сбросил с ж/д

селок, смерч разрушает дом, но переносит на новое место буфет, не разбив не одной чашки. Подняв высоко обезумевших от страха людей, он может бережно опустить их где-нибудь на землю. При прохождении смерча взрываются самые невероятные предметы: консервные банки, автомобильные камеры. Пролетев однажды над птичником, он оставил после себя живых, но полностью ощипанных кур. В 1904 г. смерч пронесся над Москвой. Коровы при этом летали по воздуху. На Немецком рынке в центр смерча попал городской, он вознесся в небо и затем, избитый градом и совсем раздетый, был опущен на землю. Московский смерч прошел полосой в 40 км длиной и шириной 400 м. Уже в двух шагах от границы смерча все стояло нетронутым

*Буря* – длительный, очень сильный ветер со скоростью более 20 м/с, наблюдающийся при прохождении циклона и сопровождающийся сильным волнением на море и разрушениями на суше. *Бури* – разновидность ураганов и штормов. Длительность действия – от нескольких часов до нескольких суток.

В табл. 15 приведена классификация бурь по следующим классификационным признакам: а) в зависимости от времени года и состава вовлеченных в воздух частиц; б) по цвету и составу пыли; в) по происхождению, по времени действия; в) по температуре и влажности.

Таблица 15

Классификация бурь

<i>Классификационные признаки</i>	<i>Вид бури</i>
В зависимости от времени года и состава вовлеченных в воздух частиц	– пыльные; – беспыльные; – снежные (пурга, буран, метель); – шквальные
По цвету и составу пыли	– черные (чернозем); – бурые, желтые (суглинки, супеси); – красные (суглинки с окислами железа); – белые (соли)
По происхождению	– местные; – транзитные; – смешанные
По времени действия	– кратковременные (минуты) с небольшим ухудшением видимости; – кратковременные (минуты) с сильным ухудшением видимости; – длительные (часы) с сильным ухудшением

	видимости
По температуре и влажности	– горячие; – холодные; – сухие; – влажные

Разрушительное воздействие шквалов определяется скоростью ветра, а также грозами и ливневыми наводнениями.

На европейской части России одним шквалом могут быть повреждены посевы на площади до нескольких десятков тысяч гектаров, десятки домов и хозяйственных построек и т.д. Поражающие факторы смерчей разделены на две группы: первичные и вторичные и приведены в табл. 16.

Таблица 16

#### Поражающие факторы смерчей

<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– потоки воздуха, несущие воду, грязь, предметы (скорость воронки 50–80 км/ч);</li> <li>– пониженное давление воздуха в воронке;</li> <li>– спиральное или вертикальное движение потоков воздуха в стенках воронки;</li> <li>– ливни;</li> <li>– грозы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разрушение объектов при боковых ударах;</li> <li>– подъем объектов и людей вверх с переносом на сотни метров;</li> <li>– всасывание газообразных и жидких масс с их последующим выбросом;</li> <li>– обрыв линий электропередач;</li> <li>– пожары, взрывы;</li> <li>– затопление территории</li> </ul>

Поражающие факторы бурь приведены в табл. 17.

Таблица 17

#### Поражающие факторы бурь в зависимости от вида бури

<i>Вид бури</i>	<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
Шторм	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая скорость ветра;</li> <li>– сильное волнение вод моря или океана</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разрушение зданий и сооружений;</li> <li>– разрушение, размыв побережья</li> </ul>
Пыльная буря (су-	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая скорость ветра;</li> <li>– высокая температура воздуха при</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разрушение строений;</li> <li>– иссушение почв, гибель</li> </ul>

хвоей)	крайне низкой относительной влажности; – потеря видимости, пыль.	с/х растений; – вынос плодородного слоя почвы (дефляция, эрозия); – потеря для человека ориентации в
--------	---	--

Окончание табл. 17

<i>Вид бури</i>	<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
Снежная буря (буран, пурга, метель)	– высокая скорость ветра; – низкая температура; – потеря видимости, снег.	– разрушение объектов; – переохлаждение; – обморожение; – потеря для человека ориентации в
Шквал	– высокая скорость ветра (в течение 10 мин. скорость ветра возрастает с 3 до 30 м/с)	– разрушение строений; – бурелом в лесу

### **7.3.1. Прогноз и мероприятия по уменьшению последствий ураганов и бурь**

В настоящее время каких-либо точных методов *прогнозирования* времени и места возникновения ураганов и смерчей, а также их параметров не существует. Крайне сложно также прогнозировать пути их перемещения. Предсказать точное движение урагана невозможно. Чаще он движется по кривой, напоминающей параболу, со скоростью 15–20 км/ч. Но нередко ураган может остановиться на одном месте или начать перемещаться с очень большой скоростью. Для прогноза ураганов и бурь затруднительно использовать статистический подход. Обычно ориентируются на то, что торнадо могут возникнуть в любом из тех районов, где они уже были раньше, и следует принять соответствующие меры предосторожности. Заблаговременность прогноза ураганов, как правило, невелика и измеряется часами. Долговременные прогнозы, осуществляемые на основе данных о ранее происшедших ураганах, отличаются небольшой точностью. Но если ведутся атмосферные наблюдения в том или ином месте территории и если торнадо обнаружен, делают соответствующее предупреждение. Имеющиеся технические средства в настоящее время позволяют зафиксировать возникновение, развитие и перемещение урагана. Сейчас смерчи опознают со спутников погоды, по последовательности снимков прослеживают их развитие. Непосредственная опасность надвигающегося урагана фиксируется слежением за его перемещением радиолокаторами, а также спутниками, что



позволяет определить направление движения путем краткосрочного прогноза. Правильное определение времени подхода урагана к данному району имеет решающее значение для своевременного проведения мероприятий, направленных на обеспечение безопасности населения и уменьшение возможного ущерба.

Приближение урагана характеризуется резким падением атмосферного давления. Источником информации о надвигающемся урагане являются сообщения о направлении и скорости его движения, передаваемые из тех районов, где он набрал полную силу. Эта информация служит основой для уточнения прогноза гидрометеоцентров.

Прогнозировать последствия урагана можно на основании прогноза не только пути движения, но и основных характеристик урагана; зная их, заранее оценивают вероятные разрушения зданий, сооружений, опор линий электропередач, мостов и т.п.

Важными характеристиками, необходимыми для прогнозирования ураганов, являются энергия скорости ветра и направление перемещения циклона. В области «глаза тайфуна», в зоне пониженного давления, уровень моря обычно повышается, что приводит к возникновению огромных, как цунами, волн. «Глаз тайфуна» имеет, как правило, форму круга диаметром около 8–15 км. Ураган сопровождается сильными ливнями, которые иногда опаснее самого урагана. Например, при урагане на Ямайке за четверо суток выпало 243 мм воды (для сравнения: среднее количество осадков в Москве составляет 0,6 м в год). На ПуэртоРико обрушился ураган, который вылил 2600 млн т воды.

Для успешного проведения работ по *уменьшению последствий* ураганов и бурь большее значение имеет хорошо налаженная служба наблюдения за ураганами и оповещения об ураганной опасности. Разрушения, причиняемые торнадо, как и ураганами, определяются давлением скоростного напора ветрового потока и, кроме того, взрывным эффектом от быстрого падения давления в центре торнадо. Железобетонные сооружения обычно являются устойчивыми к действию торнадо. Нагрузки от торнадо учитывают при выборе площадок для атомных электростанций (скорость ветра и скоростной напор ветра, изменение атмосферного давления при прохождении урагана над сооружением, а также удары летящих предметов).

При получении предупреждения о приближении урагана или сильной бури необходимо приступить к укреплению наземных зданий и сооружений, обращая особое внимание на недостаточно прочные конструкции, трубы, крыши. В зданиях закрывают двери, окна, чердачные помещения, вентиляционные отверстия. Окна и витрины защищают ставнями или щитами, а двери с подветренной стороны оставляют открытыми. С крыш,

лоджей, балконов убирают все предметы. В ряде случаев отключают коммунально-энергетические сети, проверяют системы водостоков.

Из легких построек людей переводят в более прочные здания, иногда в убежища гражданской обороны. Людей и сельскохозяйственных животных, находящихся в лесных массивах, выводят на открытые пространства или укрывают. Наружные строительные и погрузочно-разгрузочные работы прекращают, а строительные краны разводят и крепят. Крупные суда, стоящие на рейде, выходят в открытое море или швартуются в портах, а небольшие заходят в протоки либо каналы и дополнительно крепятся. К местам возможных аварий подвозят необходимые строительные материалы, инструменты, механизмы. В районах, где могут быть наводнения, проводят мероприятия для ограничения распространения воды. Создают запасы питьевой воды, нескорпортующихся продуктов питания, средств медицинской помощи, аварийных источников электроснабжения. Приводят в готовность средства передвижения.

С приближением урагана или сильной бури усиливают регулирование движения на автомагистралях, иногда движение транспорта прекращают полностью. Особо опасные участки ограждают предупредительными знаками, и возле них выставляют посты.

В районе урагана или бури проводят работы по предотвращению пожаров.

При угрозе возникновения снежной бури проводят в основном те же мероприятия, что и при приближении урагана. Особое внимание обращают на обеспечение бесперебойного движения транспорта по основным дорогам. Для борьбы с заносами организуют непрерывное патрулирование снегоочистительной техники.

Аналогичные работы проводят и при угрозе пыльной бури. На всех объектах в зоне урагана приводят в готовность необходимые силы (аварийные команды, формирования гражданской обороны).

### **7.3.2. Рекомендации по поведению при ураганах и бурях**

Часто способом защиты населения от сильных штормовых волн, наводнений и сильных ветров является эвакуация из прибрежных районов. Во время холодной погоды бывают зимние метели, представляющие проявление циклонов (зона низкого давления). Крупные скопления снега, сопровождаемые сильным ветром, могут затруднить или парализовать движение автотранспорта.

Профилактические меры борьбы со смерчами заключаются в постройке в смерчопасных районах подземных убежищ, укрытий в подвалах жилых домов, закрепление техники при оповещении о подходе смерча. Наилучшим

укрытием от торнадо служат убежища гражданской обороны, а при их отсутствии – прочные подвалы зданий (рис. 32).

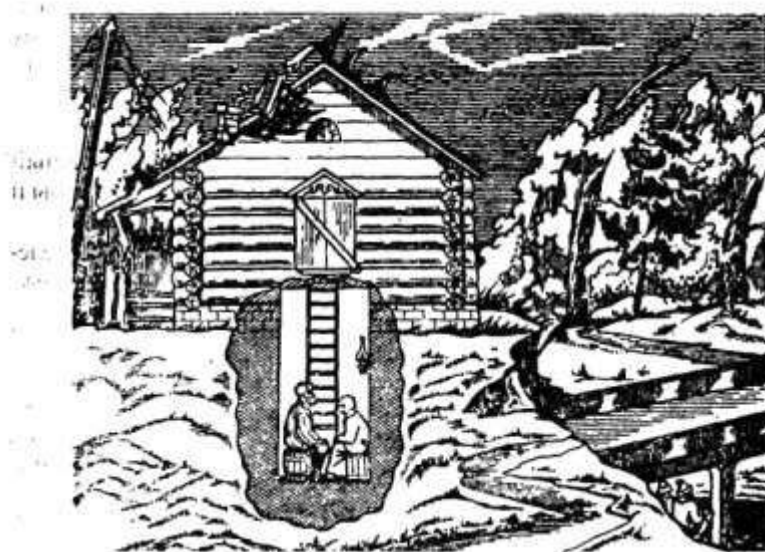


Рис. 32. Вид укрытия от урагана

Население городов и посёлков должно знать о том, находится ли их населенный пункт в зоне возможного действия урагана и каковы способы оповещения об угрозе урагана или сильной бури (табл. 18).

*После предупреждения* о приближении урагана или сильной бури (по радио, телевидению, по средствам связи и другими способами) необходимо принять меры для уменьшения возможных последствий урагана: защитить окна; убрать в помещение или закрепить все предметы, находящиеся во дворе, создать запасы инструмента и материалов для защиты строений от ветра и дождя; подготовить средства передвижения; из низинных участков перегнать на возвышенные участки домашний скот; обеспечить необходимые запасы питьевой воды, продуктов питания, медикаментов; позаботиться об аварийных источниках освещения, топлива, средствах приготовления пищи; подготовить средства пожаротушения и радиоприемники, работающие на элементах питания.

*Во время урагана* или сильной бури, находясь в здании, следует остерегаться ранений осколками оконного стекла. При сильных порывах ветра необходимо отойти от оконных проемов и стать вплотную к простенку. В качестве защиты можно использовать прочную мебель или внутренний дверной проем. Самым безопасным местом во время урагана являются подвальные помещения или внутренние помещения на первом этаже, если им не грозит затопление или обрушение. Нельзя выходить на улицу сразу же после ослабления ветра, так как через несколько минут может возникнуть

новый его порыв. В случае вынужденного пребывания под открытым небом надо держаться в отдалении от наземных зданий и сооружений, столбов, деревьев, мачт, опор, проводов. Нельзя находиться на мостах, путепроводах, а также в непосредственной близости от объектов, на территории которых имеются легковоспламеняющиеся или сильнодействующие ядовитые вещества.

Таблица 18

Действия населения по поведению при ураганах, бурях, смерчах

<i>До бури, урагана, смерча</i>	<i>Во время бури, урагана, смерча</i>	<i>После бури, урагана, смерча</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– знать сигналы оповещения о стихийном бедствии;</li> <li>– знать способы защиты и повышения устойчивости зданий и сооружений к воздействию сильного ветра, штормового нагона воды;</li> <li>– знать маршруты эвакуации;</li> <li>– подготовить документы, аптечки, запасы продуктов на 2 суток, автономное освещение;</li> <li>– необходимо провести укрепление крыш, печных труб;</li> <li>– закрыть чердачные окна ставнями, щитами; заклеить окна полосками бумаги крест-накрест, пластырем;</li> <li>– освободить балкона от пожароопасных предметов и закрепить в нём все вещи;</li> <li>– подготовить подвалы, подполья;</li> <li>– обеспечить выезд из зоны эпицентра</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обеспечить прослушивание сообщений штаба ГО и комиссии по ЧС;</li> <li>– перекрыть газ, отключить электроэнергию;</li> <li>– не использовать печи для отопления во избежание пожара;</li> <li>– надо находиться вдали от линии электропередач, высоких деревьев, эстакад, мостов, мачт, рек, озер и промышленных объектов;</li> <li>– нельзя использовать для укрытия легкие постройки и разрушенные здания;</li> <li>– использовать марлевые повязки и очки при пыльных бурях;</li> <li>– быстро следовать в укрытие (подвал, погреб) при смерче или укрыться в ямах, рвах, кюветах, оврагах</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– самопомощь и помощь пострадавшим;</li> <li>– разбор завалов, уборка мусора;</li> <li>– проверка целостности линии электропередач, газопровода;</li> <li>– проверка целостности окон и дверей, перегородок в здании;</li> <li>– следование указаниям спасателей</li> </ul>

Наиболее часто травмы наносят поднятые ветром в близлежащ ей выемке, воздух осколки стекла, куски шифера, черепицы, лечь в нее кровельного железа, доски и т.п. Если ураган застал под на дно и открытым небом, лучше всего укрыться в любой плотно

прижаться к земле.

Во время снежной или пыльной бури покидать помещение разрешается только в исключительных случаях, причем не в одиночку. Перед выходом из помещения во время снежной бури необходимо тепло одеться, сообщить остающимся о своем маршруте и времени возвращения. При потере ориентации на местности во время передвижения на автомобиле или при поломке автомобиля не следует отходить от него за пределы видимости.

*После урагана* не рекомендуется заходить в поврежденные строения, так как они могут обрушиться. Особую опасность представляют порванные и не обесточенные электрические провода.

Если усиление ветра застало туристическую группу на открытой местности, надо немедленно приступить к сооружению убежища. Это единственная доступная потерпевшим бедствие людям мера безопасности. На снежном покрове или льду желательнее соорудить невысокую иглу, а перед ней дополнительно возвести ветрозащитную стену в виде подковы, что значительно уменьшит ветровую нагрузку. В пустыне или степи необходимо лечь с подветренной стороны за любой высокий, крепко лежащий на земле предмет – камень, густой куст и т.д. Дыхательные пути защитить матерчатой повязкой от песка и пыли, а рядом уложить сосуд с запасами пресной воды. На открытой воде – надо максимально снизить парусность судна, закрепить все вещи поштормовому, встать на плавучие якоря носом к волне, затянув все отверстия, через которые вода штормовых волн может проникнуть внутрь. В горах следует покинуть местности с неблагоприятными аэродинамическими условиями – вершины, перевалы, ущелья и т.д., укрыться в безопасных местах, избегая камней и лавиноопасные места.

Если вы переживаете пургу в машине, расположите её капотом на ветер, максимально утеплитесь и экономьте топливо. При угрозе засыпания машины снежной массой, следует периодически приоткрывать одну из дверей, отодвигая сугроб. В занесённой машине категорически запрещено запускать двигатель из-за скопления в салоне угарного газа.

#### **7.4. Экстремальные осадки и снежно-ледниковые явления**

Штормы и ураганы сопровождаются обычно обильными осадками. Рассмотрим условия выпадения экстремальных осадков. Максимальные значения интенсивности осадков выше летом. Чаще летом осадки выпадают вблизи океанов, на наветренных склонах гор, в наиболее влажных районах экваториального и тропического климатических поясов. В сухих районах возможны интенсивные осадки, но они обычно реже во времени. Рекорды

минутной интенсивности принадлежат конвективным (грозовым) ливням тропиков Центральной Америки – до 20–25 мм/мин при средней интенсивности более 10–20 мм/мин. Конвективные ливни обычно охватывают небольшие территории (до 200 км<sup>2</sup>), непродолжительны (в тропиках до 2–4 ч, чаще до 1 ч; в средней полосе – до 30 мин), неравномерны, начинаются и заканчиваются резко. Наибольший диаметр капель при таких ливнях: в тропиках – до 7–8 мм, в умеренных широтах – до 4–5 мм.

*Фронтальные* ливневые дожди длятся от нескольких часов до 4 суток, с перерывами до 2–3 недель. Они охватывают территории площадью до сотен тысяч квадратных километров. При тропических циклонах интенсивность ливней нередко превышает 150 мм/сут и достигает 500–800 мм/сут. Чаще всего ливень длится 5–10 часов и за 10–20 ч может выпасть вся годовая норма осадков. В районах, где эта норма особенно велика (например, на Филиппинах – 2000–3000 мм), ее могут набирать интенсивные ливни в течение 60–70 ч. В субтропиках Средиземноморья атлантические циклоны могут давать ливни интенсивностью до 400–500 мм/сут.

В Батуми интенсивность ливней превышает 250 мм/сут, что отвечает нескольким метрам снега в близлежащих горах Аджарии. В умеренном климатическом поясе величины интенсивности еще меньше: в Англии, Молдавии, на Украине – 100–200 мм/сут, в центральных районах европейской части России – 50–100 мм/сут, в северных районах – до 50 мм/сут.

Экстремальное количество и продолжительность выпадения осадков оказываются опасными для людей и различных объектов и также активизируют другие виды чрезвычайных ситуаций:

1) интенсивные ливни возбуждают наводнения, эрозию, сели и оползни в горах; несвоевременные и затяжные дожди вредоносны для урожая;

2) экстремально малые суммы осадков приводят к засухе, опасности лесных пожаров, обмелению рек, трудностям для судоходства и водоснабжения и т.д.

Рассмотрим опасные природные явления зимнего времени. По режиму и форме воздействия на людей и различные объекты снежноледниковые явления весьма разнообразны. Чрезвычайные ситуации связаны с эпизодическими событиями – экстремальными снегопадами и метелями, холодами, массовым сходом

лавин, крупными заторами льда на реках и т.п.

*Снежный покров* – это слой снега на поверхности и земли, возникающий в результате снегопадов. Различают временный и устойчивый снежные покровы. Устойчивый снежный покров распространяется в районах со средней температурой самого холодного месяца 0 °С и ниже, неустойчивый снежный покров и редкие снегопады возможны при температуре этого месяца +10–(+12)

°С. Названным условиям соответствуют почти 2/3 площади суши, причем приблизительно на 1/4 суши снежный покров держится не менее четырех месяцев в году. Области с многолетней мерзлотой, подземными льдами и наледями занимают около 1/7 суши, акватория с морскими льдами и айсбергами – 1/4 поверхности морей и океанов. В районах, где зимой устанавливается снежный покров, размещается 1/5 населения мира и еще почти столько же – в районах, где возможны неустойчивый снежный покров и редкие снегопады.

Благодаря малой теплопроводности снежный покров предохраняет почву от сильного вымораживания и озимые посевы от вымерзания. В нем содержатся снегозапасы, являющиеся источником пресной воды при таянии снега. Снежный покров оказывает большое влияние на климат, рельеф, гидрологические и почвообразовательные процессы, жизнь растений и животных. Он используется в хозяйственных целях путем снегозадержания и снежной мелиорации.

Величина снежного покрова характеризует снежность зимы. По абсолютной снежности выделяют:

- а) бесснежные районы (толщина снежного покрова менее 10 см);
- б) малоснежные (с покровом 10–30 см, в континентальных районах – до 40–50 см);
- в) многоснежные (более 0,5 м снежного покрова).

В зимнее время циклоны вызывают *интенсивные снегопады и метели*. Метель, вьюга, буран (в азиатской части России), пурга (в северных районах России) – все эти понятия относятся к одному и тому же явлению природы.

*Сильный снегопад* (ГОСТ Р 22.0.03-95) – это продолжительное интенсивное выпадение снега из облаков, приводящее к значительному снижению видимости и затруднению снижения транспорта.

*Снежные заносы* – обильное выпадение снега при скорости ветра свыше 15 м/с и продолжительности снегопада более 12 часов.

*Метель* (вьюга) – это перенос снега сильным ветром над поверхностью земли. Количество переносимого снега определяется скоростью ветра, а участки аккумуляции снега – его направлением. В процессе метельного переноса снег движется параллельно поверхности земли. При этом основная масса его переносится в слое высотой менее 1,5 м. Рыхлый снег поднимается и переносится ветром при

скорости 3–5 м/с и более (на высоте 0,2 м). У метели коварный нрав – начинается она внезапно и очень быстро набирает силу.

Различают *низовые* (при отсутствии снегопада), *верховые* (при ветре лишь в свободной атмосфере) и *общие метели*, а также *метели насыщенные*, т.е. переносящие предельно возможное при данной скорости ветра количество снега, и *ненасыщенные*. Последние наблюдают

ся при нехватке снега или при большой прочности снежного покрова. Твердый расход насыщенной низовой метели пропорционален третьей степени скорости ветра, верховой метели – первой ее степени.

При скорости ветра до 20 м/с метели относятся к слабым и обычным, при скорости 20–30 м/с – к сильным, при большой скорости – к очень сильным и сверхсильным (фактически это уже штормы и ураганы). Слабые и обычные метели длятся до нескольких суток, более сильные – до нескольких часов.

Снегонакопление при метельном переносе во много раз превышает аккумуляцию снега, которая наблюдается в результате снегопадов при безветренной погоде. Отложение снега происходит в результате уменьшения скорости ветра вблизи наземных препятствий. Форма и размер запасов снега определяются формой и размером препятствий и их ориентацией по отношению к направлению ветра.

В целом по миру эти чрезвычайные ситуации находятся на 4-м или 5-м месте по величине наносимого ими ущерба. Например, в США сильные снегопады уступают по среднемуголетнему числу жертв лишь грозам и смерчам, а по экономическому ущербу суммарно с морозами оказываются на первом месте. Больше всего снега выпадает на склонах вулкана Рейнир (штат Вашингтон, США) – в среднем 14,6 м в год. Этого достаточно, чтобы засыпать по самую крышу шестиэтажный дом. Велик разовый ущерб от экстремальных снегопадов в обычно малоснежных Молдавии, Закавказье, предгорьях Средней Азии. В России повсеместно распространены опасные природные процессы, связанные с холодными и снежными зимами. Это приводит к удорожанию строительства и эксплуатации городов и дорог в среднем на 30 %, к увеличению риска многих ЧС в случае отказа систем теплоснабжения. Сильным снежным заносам подвержены прежде всего многоснежные районы Заполярья, Сибири, Урала, Дальнего Востока и Севера Европейской части. На территории всей страны ежегодно бывает в среднем 5–6 сильнейших буранов, способных парализовать железные и автомобильные дороги, обрывать линии связи и электропередач и т.д. На европейской части России среднее число дней с метелью – 30–40, средняя продолжительность метели – 6–9 ч.

Последствия снежных заносов могут быть достаточно

тяжелы  
ми.

Чрезвычайн  
ые ситуации  
при

снегопадах  
следующие:

а) слой  
снега  
толщиной  
5–10 см  
существенн  
о  
затрудняет  
движение  
на  
автодорога  
х;

б) слой  
снега 20–30  
см –  
вызывает  
значительн  
ую  
задержку  
движения  
автотрансп  
орта и  
железнодоро  
жного  
транспорта,  
увеличивает  
в 2 раза  
количество  
аварий;

в) слой  
снега более  
30 см почти  
полностью  
парализует  
(вызывает  
остановку)  
движение  
автомобиль  
ного



транспорта и поездов; приводит к закрытию автодорог и аэропортов, шквал, обрыв у ЛЭП и линий связи, прекращения электроснабжения, теплоснабжения; обрушению крыш домов;

г) люди, оказавшиеся на местности в изоляции из-за снежных заносов, подвергаются опасности обморожения и гибели, а в условиях буранов теряют ориентировку.

Защита городов и дорог от неблагоприятных и опасных снежноледовых явлений требует удорожания строительства и эксплуатации на величину до 100–200 %. В многоснежных районах проектирование и строительство зданий, сооружений и коммуникаций, особенно дорог, должно проводиться с учетом уменьшения их снегозаносимости.

Дорожные службы Москвы рассчитаны на уборку снега 10–15 см в сутки без привлечения служб ЧС. Снеговые нагрузки могут ломать крыши домов, деревья, губить плантации и т.д., особенно в районах, где снегопады редки и сильны (юг США, Северная Африка, Турция и другие страны Средиземноморья). Средние многолетние из максимальных за зиму снеговых нагрузок могут превышать  $250 \text{ кг/м}^2$ , нагрузки от разовых снегопадов –  $100 \text{ кг/м}^2$ . Здесь редкие интенсивные снегопады способны вызвать чрезвычайные ситуации комплексного характера (снеговые нагрузки; паводки снеготаяния; в горах лавины, активизация оползней и т.п.). Такие снегопады случаются раз в несколько лет или десятилетий, длятся обычно до 2–4 сут, охватывают площадь в  $1000 \text{ км}^2$  (вставка 13).

Дополнительный отрицательный эффект при снежных заносах возникает за счет сильного мороза, сильного ветра при метелях и обледенений.

Для *предупреждения* заносов используют снегозащитные ограждения из приготовленных заранее конструкций или в виде снежных стенок, валов и т.д. Ограждения сооружают на снегоопасных направлениях, особенно вдоль железных и важных шоссе дорог. При этом их устанавливают на расстоянии не менее 20 м от обреза дороги. Для ориентировки пешеходов и водителей транспортных средств, застигнутых бураном, вдоль дорог устанавливают вехи и другие указатели. В горных и северных районах практикуется растяжка канатов на опасных участках троп, дорог, от здания к зданию. Держась за них, в условиях бурана люди ориентируются на маршруте.

**Невиданный снегопад** на востоке США (штат Орегон) в 1999 г. Погибли около 10 человек (погибли от обморожения). Ущерб на 3 млрд долларов нанесен упавшими деревьями. Несколько дней следил за метелью. Вдоль всей восточной границы холодный фронт пролетел со скоростью 160 км/ч. Метель была сильнейшей в штатах: местами дороги были перекрыты, а прочие крупные аэропорты во всем мире. Сверкала молния, а в некоторых местах гром. Такие феномены случаются только во время сильных снегопадов. Все штаты пронеслись по побережью Флориды.

В предвидении бурана на строительных и промышленных площадках производят крепление стрелочных кранов, других конструкций, не защищенных от воздействия ветра. Прекращают

работы на открытой местности и высоте. Усиливают швартовку судов в портах. Сводят до минимума выход транспорта на маршруты.

Предупредительной мерой является оповещение органов власти, организаций и населения о прогнозе снегопадов и метелей. При получении угрожающего прогноза приводят в готовность силы и средства, предназначенные для борьбы с заносами, проведения аварийно-восстановительных работ.

Основной мерой борьбы со снежными заносами является расчистка дорог и территорий. В первую очередь расчищают от заносов железнодорожные и автомобильные магистрали, взлетно-посадочные полосы аэродромов, пристанционные пути железнодорожных станций, а также оказывают помощь автотранспорту, застигнутому бедствием в пути. В наиболее тяжелых случаях, парализующих жизнедеятельность целых населенных пунктов, к расчистке снега привлекают все трудоспособное население.

Одновременно с расчисткой заносов организуют непрерывное метеонаблюдение, розыск и освобождение от снежного плена людей и транспортных средств, оказание помощи пострадавшим, регулирование движения и проводку транспорта, защиту и восстановление систем жизнеобеспечения, доставку экстренных грузов специальным снегопроходимым транспортом в заблокированные населенные пункты, защиту животноводческих объектов. При необходимости проводят частичную эвакуацию населения и организуют специальные маршруты коммунального транспорта колоннами, а также прекращают работу учебных заведений и учреждений.

В зимнее время, кроме снегопадов и метелей, отмечаются такие негативные явления, как *град*, *туман*, *гололёд* и *гололедица* (гололёдная корка).

*Град* – частички плотного льда, выпадающего в виде осадков из мощных кучево-дождевых облаков.

*Туман* – помутнение воздуха над поверхностью Земли, вызываемое конденсацией водяного пара.

*Гололед* (ГОСТ Р 22.0.03–95) – это слой плотного льда на холодной земной поверхности и на предметах в результате замерзания капель переохлажденного дождя, мороси или сильного тумана, а также при конденсации пара, т.е. лёд везде: на проводах и на ветках деревьев.

*Гололедица* – появление льда на горизонтальных

поверхностях

(поверхности земли, дороги и т.д.).

Снежные и ледяные

корки образуются при

налипании снега и

намерзании капель

воды на различных

поверхностях.

Налипание мокрого

снега, наиболее

опасное для линий

связи и электропередач,

происходит при

снегопадах и

температуре воздуха в диапазоне от 0° до +3 °С, особенно при температуре (+1) – (+3)°С и ветре 10–20 м/с (рис.

33). Диаметр отложений снега на проводах достигает 20 см, вес – 2–4 кг на 1 м. Провода рвутся не столько под тяжестью снега, сколько от ветровой нагрузки. На полотнах автодорог в таких условиях образуется скользкий снежный накат, парализующий движение почти так же, как гололедная корка. Такие явления характерны для приморских районов с мягкими влажными зимами (запад Европы, Япония, Сахалин и т.д.), но распространены также во внутриконтинентальных районах в начале и в конце зимы (рис. 33).

Гололедная корка (гололедица) образуется при выпадении дождя на промороженную землю и при намокании и последующем замерзании поверхности снежного покрова. Она опасна для пастбищных животных, например, на Чукотке в начале 80-х гг. гололедица вызвала массовую гибель оленей. К типу гололедицы относится явление *обледенения* причалов, морских платформ, судов вследствие замерзания брызг воды во время шторма. Обледенение особо опасно для небольших судов, палуба и надстройки которых невысоко подняты над водой. Такое судно может набрать ледяную нагрузку критической величины за считанные часы. Ежегодно в мире от этого гибнет около десяти рыболовных судов, сотни оказываются в рискованном положении.



Рис. 33. Снежная корка на изгороди

*Поражающие факторы* перечисленных выше метеорологических природных явлений представлены в табл. 18.

П  
о  
р  
а  
ж  
а  
ю  
щ  
и  
е  
  
ф  
а  
к  
т  
о  
р  
ы  
  
в  
  
а  
т  
м  
о  
с  
ф  
е  
р  
е  
  
о  
п  
а  
с  
н  
ы  
х  
  
п  
р  
и  
р  
о  
д

ных явлений зимнего времени

Таблица 18

<i>Явления</i>	<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
Град	Застывшие частички льда	Разрушение крыш, легких построек
Гололед	Низкая температура, высокая влажность, слой льда	Обрыв проводов линий и электропередач. Разрушение легких сооружений. Переохлаждение
Сильный снегопад (снежные заносы)	Обильный снег высотой до 1 м при скорости ветра до 15 м/с	Разрушение легких построек, крыш, линий электропередач, связи. Потеря ориентации, переохлаждение, обморожение

При замерзании переохлажденных капель тумана на различных предметах образуются *гололедные* (температуры воздуха от 0 до -5 °С) и *изморозевые корки* (температуры воздуха - 10-30 °С). Вес гололедных корок может превышать 10 кг/м (до 35 кг/м на Сахалине, до 86 кг/м на Урале). Такая нагрузка разрушительна для большинства проводных линий и для многих мачт.

Воздействие гололеда на хозяйство наиболее заметно в Западной Европе, США, Канаде, Японии, в южных районах бывшего СССР и носит в основном опасный характер. Например, в феврале 1984 г. в Ставропольском крае гололед с ветром парализовал автодороги и вызвал аварии на 175 высоковольтных линиях; их нормальная работа возобновилась лишь через 4 суток. При гололеде в Москве количество автоаварий увеличивается втрое.

При обледенении наиболее подвержены разрушительному действию линии электропередач и связи, контактные сети электротранспорта. В борьбе с обледенением используется три способа: механический, тепловой и применение антиобледенителей. Механический способ - намёрзающий снег и лёд сбивают с проводов шестами, скребками, укрепленными на шестах, верёвками, перекинутыми через провода. При тепловом способе используют переменный и постоянный ток. На дорогах лёд скалывают или посыпают песком, шлаком, мелким гравием, особенно на поворотах.

При работах по ликвидации и снежных заносов, обледенения и их последствий (табл. 19) организуя места для обогрева и отдыха людей, привлекаемых к работам.

*Подземные льды* определяются физико-механическими свойствами рыхлых горных пород в зоне многолетнемерзлых пород. Зона многолетнемерзлых пород относительно устойчивого состояния

характеризуется среднегодовой температурой от  $-1,5$  до  $-3$  °С. В ней прерывистое распределение мерзлоты переходит в сплошное. Зона устойчивого состояния многолетнемерзлых пород и твердомерзлых грунтов отвечает среднегодовой температуре ниже  $-3$  °С. Таблица 19

Во всех этих зонах главным опасным явлением оказывается таяние мерзлоты, ведущее к снижению несущих свойств грунта. Примером служат разрушение многих вспомогательных сооружений и угроза основным зданиям Анадырской ТЭЦ в 80-х гг. вследствие вытаивания мерзлоты мёрзлых грунтов и деформации фундаментов.

Для сооружений, располагающихся на поверхности сезонно промерзающего слоя или на основаниях, углубленных в него, главную опасность представляют мерзлотные деформации – *пучения, перекосы* и т.п.

Мероприятия по уменьшению последствий  
опасных природных явлений зимнего времени

<i>До стихийного бедствия</i>	<i>Во время бедствия</i>	<i>После бедствия</i>
<p>Изучение прогноза погоды. Прослушивание сигналов ГО или служб ЧС.</p> <p>При гололеде – подготовка мало скользкой обуви.</p> <p>Перед метелью – закрывание окон, дверей.</p> <p>Подготовка запаса продуктов на 2–3 дня, медикаментов, автономных источников света, укрытия (погреб, подвала)</p>	<p>При гололеде – медленное передвижение.</p> <p>Нахождение вдали от линии электропередач.</p> <p>При метелях – выход из дома группами с сообщением маршрута движения.</p> <p>От машины запрещено удаляться.</p> <p>При нахождении внутри машины нельзя держать окна закрытыми во избежание отравления</p>	<p>После падения во время гололеда и получения травмы – следовать в травматологический пункт.</p> <p>Помощь в поиске пострадавших и оказание доврачебной помощи.</p> <p>Разборка заносов.</p> <p>Установление связи со спасательными подразделениями.</p> <p>Действия по указаниям спасательных отрядов.</p> <p>Сохранение тепла и запасов продовольствия</p>

*Пучение* – это поднятие или вспучивание грунтов за счёт расширения воды промерзающего слоя. Этот процесс обусловлен способностью воды или рыхлых влажных отложений увеличивать на 7 % свой объём при замерзании. Сезонное пучение может развиваться везде, где происходит промерзание осадочных пород. Бугры пучения распространены в области развития сезонной многолетнемерзлых пород и представляет опасность почти для всей территории России. Процессы пучения изменяют условия жизнедеятельности растительности, животных и человека, создают угрозу для инженерных сооружений. Они приводят к выпиранию столбов из земли (и, как следствие, нарушению линий связи и электропередач), свай в основании фундаментов зданий и сооружений, что вызывает их неравномерную деформацию. Значительный ущерб однолетние бугры пучения приносят дорогам, аэродромам. С многолетними буграми пучения (булгунняхов, гидролакколитов) связано активное развитие термокарстовых процессов. По времени действия процессы пучения относятся к кратковременным (зимне-осенний период), имеют локальное развитие в пространстве.

*Наледи* – это ледяные тела разной площади, мощности и формы, формирующиеся в результате последовательного изливания и замерзания природных (речных и подземных), иногда техногенных (хозяйственнобытовых и промышленных) вод. Изливание вод происходит под действием гидродинамического давления, которое возникает за счёт

сужения живого сечения потоков в результате зимнего промерзания водоносных пород или озёр. Большинство наледей формируется за счёт постоянно действующих и по-разному проявляющих себя в течение года источников подземных (грунтовых) вод. Процесс наледообразования не является постоянным на протяжении зимы. Периоды затишья сменяются активизацией, сопровождаемой прорывами и выбросами на поверхность наледного поля в разных его местах и с разной интенсивностью напорных подземных вод, их растеканием и последующим замерзанием.

Наледи характерны для районов с суровым, резко континентальным климатом, с холодными малоснежными зимами, с большим количеством подземных вод, залегающих близко к поверхности. Особенно благоприятны горно-складчатые районы, где широко распространены грубообломочные породы, многочисленные источники трещинножильных типов вод. Они представляют своего рода визитную карточку районов прерывистого распространения многолетней мерзлоты. В более холодных районах с многолетнемёрзлыми породами наледи развиты слабее из-за уменьшения объемов грунтовых вод. Образующиеся ледяные массивы (наледи, или по-якутски – тарыны) нередко имеют огромные размеры – до 100 км<sup>2</sup> и больше. Например, длина и ширина известной Момской наледи сопоставима по размерам с крупнейшим на Памире ледником Федченко. Ледяные образования подобного типа довольно часто встречаются в Якутии и Верхояно-Колымской горноскладчатой области. В наледях Евро-Азиатского материка аккумулируется более 100 км<sup>3</sup> воды.

Повсеместно в зоне многолетнемерзлых пород есть опасность антропогенного образования наледей на местах нарушения рельефа, теплоизолирующей растительности, водного стока. Такие наледи оказываются значительно меньше естественных, но приносят больше неудобств, проявляясь на полотне дорог, в карьерах, в населенных пунктах и т.д.

С образованием наледей связано формирование своеобразных форм рельефа – «наледные поляны» и «наледные долины». Сама наледь местами покрыта сетью трещин, огромными воронками с провалами во льду, ледяными карнизами и системой надледных озёр и ручейков.

Наледи снижают комфортность проживания населения, воздействуя на сооружения. Они обладают большой разрушительной силой. Процессы наледообразования вызывают очень серьезные и даже катастрофические осложнения при строительстве и эксплуатации железных и автомобильных дорог, мостов, трубопроводов, жилых поселков и разного рода инженерных сооружений, прокладке зимников и т.д. В некоторых местах, например вдоль полотна дорог, образуются грунтоналедные бугры пучения диаметром до 200, высотой до 6 м. Они перекрывают дорожное полотно и осложняют движение транспорта в течение всего зимнего периода.

Наледи создают благоприятные условия для обитания животных. Наледи – постоянные пути миграции оленьих стад. Необходимо отметить позитивную роль наледей с ресурсных позиций. Наледи являются аккумуляторами пресных вод и хорошим диагностическим признаком повышенной водообильности пород. Наледи могут использоваться для питьевых целей и орошения сельскохозяйственных угодий в летний период. Они служат поисковым критерием месторождений подземных вод на территории с многолетним промерзанием пород.

### 7.5. Грозы, градобития

*Грозы* – наиболее распространенное опасное атмосферное явление. Гроза сопровождается молниями и оглушительными раскатами грома, интенсивными ливнями, иногда градом, усилением ветра (часто до шквала и смерчей). *Молния* – гигантский электрический искровой разряд в атмосфере в виде яркой вспышки света. Красота молний – страшная сила: ежегодно во всём мире она убивает около 10 тыс. и наносит увечья примерно 100 тыс. человек.

Грозы разделяются на *внутримассовые*, возникающие при конвекции над сушей преимущественно в послеполуденные часы, а над морем в ночные часы, и *фронтальные*, появляющиеся на атмосферных фронтах, т.е. на границах между теплыми и холодными воздушными массами.

Каждую секунду по всей планете бушует около 2 тыс. гроз и сверкает примерно 100 молний. По поверхности планеты грозы распределяются неравномерно. Над океаном гроз наблюдается приблизительно в десять раз меньше, чем над континентами. В тропической и субтропической зоне (от 30° северной широты до 30° южной широты) сосредоточено около 78 % всех молниевых разрядов. Максимум грозовой активности приходится на Центральную Африку. Например, над оз. Виктория в экваториальной части Африки грозы отмечаются 210 дней в году, во Флориде, США, на границе тропического и субтропического поясов – 90–100 дней, в умеренном поясе – 10–30 дней в году. На грозы влияют также географические особенности местности: сильные грозовые центры находятся в горных районах Гималаев и Кордильер. Наблюдения со спутников Земли позволили установить, что в Тихом океане (вблизи Японских островов) находится самое богатое грозами место на земном шаре. Неожиданным для ученых оказалось не то, что грозы гремят там чаще обычного, а то, что в этом районе зарегистрированы самые мощные сверхмолнии. В полярных районах Арктики и Антарктики и над полюсами гроз практически не бывает. Интенсивность гроз следует за солнцем: максимум гроз приходится на лето (в средних широтах) и дневные послеполуденные часы. Минимум зарегистрированных гроз приходится на время перед восходом солнца. Наибольшее число гроз на континентальной



территории Европы (до 40–70 дней в году) наблюдалось в Молдавии, на Северном Кавказе и особенно в Закавказье. Среднегодовое число дней с грозой в некоторых городах России: Архангельск – 16, Мурманск – 5, Санкт-Петербург – 18, Москва – 27, Воронеж – 32, Ростов-на-Дону – 27, Астрахань – 15, Самара – 26, Казань – 23, Екатеринбург – 26, Сыктывкар – 21, Оренбург – 22, Омск – 26, Ханты-Мансийск – 17, Томск – 23, Иркутск – 15, Якутск – 14, Петропавловск-Камчатский – 0, Хабаровск – 20, Владивосток – 9.

Необходимыми условиями для возникновения грозового облака является развитие конвекции, создающего восходящие потоки, запаса влаги, достаточного для образования осадков. Важно наличие такого состояния атмосферы, когда часть облачных частиц находится в жидком состоянии, а часть – в ледяном. Конвекция, приводящая к развитию гроз, возникает в следующих случаях:

- при неравномерном нагревании приземного слоя воздуха над различной поверхностью. Например, над водной поверхностью и сушей из-за различий в температуре воды и почвы. Над крупными городами интенсивность конвекции значительно выше, чем в окрестностях города;

- при подъёме или вытеснении тёплого воздуха холодным на атмосферных фронтах. Атмосферная конвекция на атмосферных фронтах значительно интенсивнее и чаще, чем при внутримассовой конвекции. Часто фронтальная конвекция развивается одновременно со слоистодождевыми облаками и обложными осадками, что маскирует образующиеся кучево-дождевые облака;

- при подъёме воздуха в районах горных массивов. Даже небольшие возвышенности на местности приводят к усилению образования облаков (за счёт вынужденной конвекции). Высокие горы создают особенно сложные условия для развития конвекции и почти всегда увеличивают ее повторяемость и интенсивность.

Все грозовые облака, независимо от их типа, последовательно проходят стадии кучевого облака, стадию зрелого грозового облака и стадию распада.

В мощных кучево-дождевых облаках на высотах 7–15 км, где температура ниже (–15)–(–20) °С между облаками и землей возникают сильные электрические разряды. Такие облака состоят из смеси переохлажденных капель и кристаллов воды с разными зарядами. По мере роста грозовой тучи мелкие («плюсовые») льдинки собираются в её верхней части, а более крупные («минусовые») – в нижней. Поверхность Земли относительно них оказывается положительно заряженной. В результате между ней и тучей, словно в гигантском конденсаторе, накапливается огромная разность потенциалов. Она приводит к появлению

электрического поля, под действием которого свободные электроны приобретают значительные скорости и «бомбят» атмосферные газы, вызывая ионизацию их атомов с выделением энергии.

Потенциальная энергия грозового облака превышает  $10^{13}$ – $10^{14}$  Дж, т.е. равна энергии взрыва термоядерной мегатонной бомбы. Энергии средней молнии хватит, чтобы лампочка мощностью 100 Вт непрерывно горела 3 месяца. Электрические заряды грозового облака молнии равны 10–100 Кл (кулонов, ампер·с) и разносятся на расстояния до 10–12 км, а электрические токи, создающие эти заряды, достигают 100 А (ампер). Напряженность электрического поля внутри грозового облака равна  $(1-3) \cdot 10^5$  В/м.

На равнинной местности грозовой процесс обычно включает образование молний, направленных от облака к земле. От нижнего края тучи отходят короткие ломаные искровые полосы, представляющие собой хорошо проводящие каналы. Лавинный заряд движется вниз ступеньками по 50–100 м, пока не достигнет земли. Когда до земной поверхности остается примерно 100 м, молния нацеливается на какой-либо возвышающийся предмет. Молния характеризуется токами порядка десятков тысяч ампер. В облаках происходит трение молекул, в результате чего возникает электрическое напряжение. Температура молнии достигает 30 000 °С, в 5 раз больше поверхности Солнца. Такая температура сильно разогревает окружающий воздух, что он стремительно расширяется и с грохотом преодолевает звуковой барьер. Длительность молнии составляет от десятых до сотых долей секунды. Чем туча ближе к выступам на земной поверхности, тем сопротивление ниже. Следовательно, наиболее уязвимы для молний изолированные высоты – отдельно стоящие деревья, остроконечные объекты и т.п. Металлы хорошо проводят электричество, поэтому тоже его «притягивают». Вспышка молнии распространяется в воздушной среде со скоростью 22 500 км/ч, так что ее видят практически в то же мгновение, когда происходит разряд, а грохот расширяющегося воздуха пролетает километр примерно за три секунды. Если молния и гром следуют один за другим сразу же, то можно с уверенностью сказать, что гроза где-то рядом, а если вспышка молнии опережает раскаты грома, то гроза находится на каком-либо расстоянии. Чем дальше гроза, тем дольше не гремит гром после молнии. Вспышки невидимых и неслышимых молний при отдаленной грозе, освещающие изнутри облака, называются *зарницами*. Виды молний представлены в табл. 20.

Таблица 20

Виды молний

<i>Плоская</i>	<i>Точечная</i>	<i>Шаровая</i>	<i>Линейная</i>
Вид вспышки на поверхности облаков	Светящиеся точки, пробегающие на фоне облаков	Круглая, светящаяся газовая масса, разбрасывающая искры (сфероид) диаметром 10–20 см. Скорость перемещения до 2 м/с в направлении ветра	Искровой разряд с разветвлениями длиной 2–3 км, диаметром в несколько десятков сантиметров

Чаще всего наблюдаются *линейные молнии*, длина которых составляет несколько километров. Молнии могут проходить в сами облака (внутриоблачные) или ударять в землю (наземные).

Особый вид молнии – *шаровая*, своеобразное электрическое явление, природа которой еще не выявлена. Она представляет собой форму светящегося шара диаметром 20–30 см, движущегося по неправильной траектории, который обладает большой удельной энергией, образующийся нередко вслед за ударом линейной молнии. Длительность ее существования – от нескольких секунд до минут, а исчезновение ее может сопровождаться взрывом, вызывающим разрушения и человеческие жертвы, или беззвучно. Реже встречаются другие виды молний: *плоская и точечная* (табл. 20).

Для оценки последствий от удара молнии важной является величина разряда между слоями атмосферы и землей. Оценка опасности воздействия молнии основана на статистике частоты гроз с опасными молниями в данном районе. Повторяемость опасных молний относят к единице площади, что дает возможность получить величину риска. Повреждения, наносимые молнией, обусловлены высоким напряжением, большой силой тока в канале молнии и температурой, достигающей 30 000 °С.

В среднем за год грозы уносят больше жизней, чем наводнения, смерчи и ураганы. Удары молнии иногда сопровождаются разрушениями, вызванными ее термическими и электродинамическими воздействиями, а также некоторыми опасными последствиями, возникающими (как и при ядерном взрыве) от действия электромагнитного и светового излучения.

## Вставка 14

**Молния и авиация.** В среднем пассажирский самолёт получает удар молнии через каждые три тысячи часов полёта, т.е. примерно 1–2 раза в год. Бьющая в самолёт молния – впечатляющее зрелище. Это явление стало причиной аварии 2 августа 2005 г. французского самолёта. Он заходил на посадку в сильную грозу, соскользнул с полосы и оказался в овраге. К счастью, все 309 находившихся на борту людей были благополучно эвакуированы – всего за несколько минут до взрыва машины. Самая известная катастрофа самолёта «Боинг 707» произошла в 1963 г. Самолёт рухнул на землю после того, как в его топливный бак попала молния. Погибли все находившиеся на его борту – 81 человек. Это рекордное число жертв единственной молнии. Для атмосферных зарядов наиболее уязвимы электроника и топливная система самолёта, хотя к падению машины это ведёт редко. Алюминиевый корпус хорошо проводит электричество, поэтому молния быстро проскакивает сквозь него и снова выходит в атмосферу,

Наибольшие разрушения вызывают удары молнии в наземные объекты при отсутствии хороших токопроводящих путей между местом удара и землей. От электрического пробоя в материале образуются узкие каналы, в которые устремляется ток молнии. Из-за очень высокой температуры часть материала интенсивно испаряется со взрывом. Это приводит к разрыву или расщеплению объекта, пораженного молнией, и воспламенению горючих элементов.

Возможно также возникновение большой разности потенциалов и электрических разрядов между отдельными предметами внутри сооружений. Такие разряды могут явиться причиной пожаров и поражения людей электрическим током. Часто прямым ударам молнии подвергаются сооружения, возвышающиеся над окружающими строениями, например металлические дымовые трубы, башни и строения, стоящие в открытой местности.

Весьма опасны прямые удары молнии в воздушные линии связи с металлическими опорами. Сильный ток, прошедший через тело человека от удара молнии, вызывает остановку сердца. Нисходящие воздушные потоки являются

серьёзной опасностью для самолётов, особенно во время взлёта или посадки, так как они создают вблизи земли ветер с сильными внезапными изменениями скорости и направления (вставка 14). Поражающие факторы молнии сведены в табл. 21.

*Защита* зданий и сооружений от молний состоит в безопасном заземлении электрических импульсов, т.е. в

применении молниотводов. Различают три типа воздействия тока молнии: прямой удар, вторичное воздействие заряда молнии и занос высоких потенциалов (напряжения) в здания (шаровая молния).

При *прямом разряде* молнии в здание или сооружение может произойти его механическое или термическое разрушение.

*Вторичное воздействие* разряда молнии заключается в наведении в замкнутых токопроводящих контурах (трубопроводах, электропроводках и др.), расположенных внутри зданий, электрических токов. Эти токи могут вызвать искрение или нагрев металлических конструкций, что может стать причиной возникновения пожара или взрыва в помещениях, где используются горючие или взрывоопасные вещества. К этим же последствиям может привести и занос высоких потенциалов (напряжения) по любым металлоконструкциям, находящимся внутри зданий и сооружений под действием молнии.

Это вызывает резкое возрастание напряжения в электрических сетях, приводящее к различным аварийным ситуациям – от выгорания микросхем в бытовых приборах до полного выхода из строя электрооборудования.

### Поражающие факторы молнии

<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
Прямой удар (ток молнии достигает сотен и тысяч ампер)	Разрушение объектов, расщепление деревьев, пожары, взрывы за счет быстрого испарения материала. Обрыв линий электропередач. Электрический разряд с проводов и электроаппаратуры. Разность потенциалов между отдельными предметами внутри зданий и разряд. Разрушение изоляции электроустановок, пробой на корпус

Для защиты от действия молнии при прямом разряде устраивают *молниеотводы*. Это заземленные металлические конструкции, которые воспринимают удар молнии и отводят ее ток в землю. Различают стержневые (вертикальные) и тросовые (горизонтальные протяженные) молниеотводы. Их защитное действие основано на свойстве молний поражать наиболее высокие и хорошо заземленные металлические конструкции.

*Заземлитель молниезащиты* – один или несколько заглубленных в землю электродов, предназначенных для отвода в землю токов молнии. Кроме заземлителя, молниеотвод имеет *токоприемник* стержневой или тросовый и *токоотвод*.

Каждый молниеотвод имеет определенную зону защиты – часть пространства, внутри которого обеспечивается защита здания с определенной степенью надежности. В зависимости от степени надежности зоны защиты могут быть двух типов – **А** и **Б**. Зона защиты зоны **А** обладает надежностью 99,5 % и выше, а типа **Б** – 95 % и выше.

Рассмотрим, какую зону защиты образует стержневой, отдельно стоящий молниеотвод (рис. 34).

Как следует из рисунка, зона защиты для данного молниеотвода представляет собой конус высотой  $h_0$  с радиусом основания на земле  $r_0$ . Обычно высота молниеотвода ( $h$ ) не превышает 150 м. Остальные размеры зоны, в зависимости от величины ( $h$ , м), см. в табл. 22.

Существуют также зависимости, позволяющие, задаваясь размерами защищаемого объекта ( $h_x$  и  $r_x$ ), определить величину  $h$ . Эта зависимость для *зоны Б* имеет вид

$$h = (r_x + 1,63 h_x) / 1,5.$$

Для молниеотводов других типов зависимости иные.

Методика расчета молниеотвода предусматривает определение его высоты и радиуса защиты. Методика расчета молниезащиты изложена в Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений

Параметры зоны защиты для молниеотвода

Параметр, м	Величина параметра для	
	зоны А	зоны Б
$h_0$	$0,85 h_0$	$0,92 h$
$R_0$	$(1,1-0,002 h) \cdot h$	$1,15 h$
$r_x$	$(1,1-0,02 h) \cdot (h - h_x/0,85)$	$1,5 \cdot (h - h_x/0,92)$

Металлические буровые вышки, мачты самоходных и передвижных установок в целях грозозащиты должны иметь заземление не менее чем в двух точках. Запрещается во время грозы производить работы на буровой вышке, а также находиться ближе 5 м от заземляющих устройств молнезащиты. Для защиты человека от молнии на открытом месте необходимо найти заземленное убежище. Таким убежищем может служить лес.

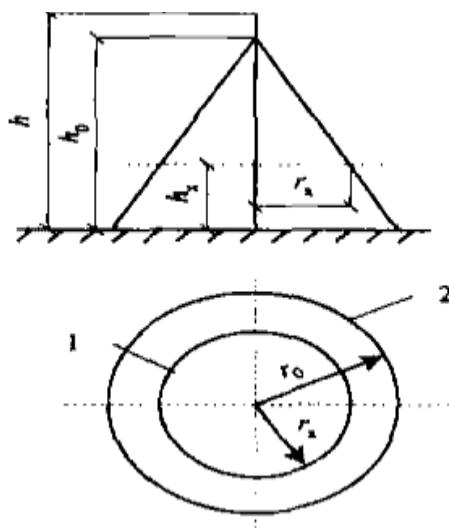


Рис. 34 . Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

1 – граница зоны защиты на уровне высоты объекта; 2 – то же, на уровне земли;  $h$  – высота молниеотвода;  $h_0$  – высота конуса защиты;  $h_x$  – высота защищаемого объекта;  $r_x$  – радиус зоны защиты на уровне высоты объекта;  $r_0$  – радиус зоны защиты объекта на уровне земли

Отдельно стоящее дерево представляет опасность, так как является громоотводом, и не исключен пробой между деревом и человеком (табл. 23).

Таблица 23

Действия населения при грозе



<i>До грозы</i>	<i>Во время грозы</i>	<i>После грозы</i>
<p>Изучение прогноза погоды. Отмена походов, поездок при возможной грозе. Определение расстояния до грозового фронта (340 м/с умножить на время после вспышки до грома). Закрывание окон, дверей, дымоходов. Отключение внешних антенн, электроприборов и телевизоров, сотовых телефонов. Не использование зонтика из-за наличия на нем множества металлических деталей</p>	<p>Удаление от высоких деревьев (особенно сосен, дубов, тополей), мачт, труб, опор. В лесу – укрытие на низкорослом участке в гуще леса. В поле – укрытие у камня, в ложбине, канаве, яме, сидя на корточках, обхватив ноги руками, спрятав лицо. В городе – укрытие в магазине, подъезде. Удаление от металлических предметов (мотоцикл, велосипед, штатив, ограда, ружьё) на 20–30 м. Не использование в квартире кранов и раковин. Безопаснее оставаться в автомобиле с опущенными окнами и антенной, но подальше от высоких деревьев. Передвижение во время грозы запрещено. Прекращение всех спортивных занятий (купание, передвижение на</p>	<p>Внимательное изучение местности – возможно появление шаровой молнии. Самопомощь и помощь пострадавшим (удар молнии может привести к переломам костей, ожогам, судорогам мышц). Разбор завалов, тушение пожаров. Действия по сигналу спасателей</p>

В заключение несколько слов о том, как научиться рассчитывать приближение грозы. Чтобы определить, на каком расстоянии она находится, приближается или отдаляется, нужно засечь время между вспышкой молнии и последующим раскатом грома. Известно, что скорость распространения звука в воздухе равна примерно 344 м/с, т.е. за 3 секунды звук проходит примерно 1 км. Если время от вспышки молнии до грома постепенно сокращается, значит, гроза приближается к вам. Исходя из этого, можно рассчитать приблизительное расстояние до эпицентра грозы и принять меры по обеспечению своей безопасности. Самая опасная ситуация складывается тогда, когда сразу за вспышкой молнии грохочет гром – значит, грозовое облако уже прямо над вами.

При грозах опасны интенсивные ливни, градобития, удары молний,

порывы ветра и вертикальные потоки воздуха (для авиации).

Опасность *градобитий* определяется диаметром (массой) градин и размерами поражаемой площади – «градовых дорожек». Диаметр градин обычно не менее нескольких миллиметров и увеличивается вместе со скоростью и высотой поднятия грозовых облаков. Крупные градины диаметром от 1,2 до 12,5 см представляют собой более сложные структуры.

*Град* – это атмосферные осадки в виде шариков льда и смеси льда и снега. Обычно град выпадает из мощных кучево-дождевых облаков во время прохождения холодного фронта или во время грозы. Частота выпадения града различна: в умеренных широтах он бывает 10–15 раз в год, у экватора на суше, где значительно более мощные восходящие потоки, 80–160 раз в год.

Выпадение града приводит к поразительным разрушениям и к человеческим жертвам. В России разработаны методы определения градоопасных облаков и созданы службы борьбы с градом. Опасные облака «расстреливают» снарядами, снаряженными специальными химическими веществами.

Наиболее градоопасны территории в предгорьях Карпат, Кавказа, Средней Азии. На Северном Кавказе диаметр градин нередко достигает 6–7 см, масса 60–70 г (рекорд 0,5 кг). В июле 1991 г. град повредил 18 самолетов в аэропорту Минеральные Воды. В Индии отмечен рекорд массы градин – 7 кг; отмечен случай гибели слона от удара градины массой 3 кг. Крупный град разбивает виноградники и плантации фруктовых деревьев, крыши зданий, теплицы, автомашины и т.д.; град обычного размера повреждает и уничтожает посевы. Около 9/10 ущерба урожаю наносят редкие (около 10 % общего числа) сильные градобития.

«Градовые дорожки» достигают в длину 50–60 км, в ширину – до 10 км, но обычно они в 5–10 раз меньше. Весьма тяжелые повреждения посевам наносятся, когда слой выпавшего града составляет хотя бы немногие сантиметры. Наибольшая зарегистрированная толщина слоя града – более 0,5 м (в Колорадо, США).

## **7.6. Экстремальные температуры воздуха**

Известно, что постоянство температуры человеческого тела – основа его существования. Экстремально низкие (как и экстремально высокие) температуры воздуха – понятие относительное. Они характерны для определённых территорий и представляют значительные отклонения от нормы – обычных средних температур данной местности. Температура воздуха нередко в зимний период на территории может опускаться ниже 10–15 °С относительно нормы, при которой организм находится в физиологическом комфорте. Физиологический комфорт человеческого

организма зависит от климата (температуры воздуха, его влажности, скорости ветра). Среднее значение зоны комфорта составляет 21– 24 °С, нижний предел: –18 °С, верхний: + 27 °С.

Экстремальные температуры воздуха устанавливаются при зимнем антициклоне – области повышенного давления воздуха с максимальным давлением в центре. В субтропиках экстремальные температуры воздуха возможны также при вторжении масс холодного воздуха из более высоких широт.

Самый холодный континент – Антарктида. Россия также держит мировой рекорд по сезонным колебаниям температуры. В 1933 г. в Оймяконе (республика Саха), одном из так называемых полюсов холода, была официально зарегистрированная самая низкая температура за пределами Арктики: – 68 °С, а в 1900 г. – в г. Томске: –55 °С. Сибирь традиционно считается местом каторги и ссылки, непригодным для нормальной человеческой жизни. Сильные морозы бывают здесь по два-три раза каждое столетие. Чем восточнее, тем суровее зима. Причина – восточносибирский антициклон, т.е. обширная область высокого давления, создаваемая приземным слоем холодного, сухого и тяжёлого арктического воздуха. В 2006 г. холодный фронт начал движение на запад в первой половине января, когда в г. Новосибирске температура всего за 9 часов упала с –5 до –31 °С. К ночи 11 января в окрестностях Омска похолодало до –47° С. На 1700 км западнее, в Москву, тоже в январе 2006 г. пришли морозы. Среднеянварский минимум здесь около –16 °С, но, проходя над столицей России, холодный фронт опустил температуру до рекордных –37 °С, причём такие морозы стояли почти неделю. За эту неделю сильных морозов число жертв гипотермии в Москве перевалило за сотню. Далее холодный фронт передвинулся в Белоруссию, Украину, Румынию (ниже –25 °С), Чехию (ниже –30 °С). Сильнее всего пострадала Украина: переохлаждение унесло не менее 130 жизней, в больницы поступило более 500 пациентов с гипотермией и обмороживанием. На юге России ночные заморозки тяжело ударили по чайным плантациям и погубили множество пальм на черноморских курортах. В крымском военно-морском порту Севастополь впервые за 60 лет замёрзло море. Однако самые сильные морозы в этом же году в первые февральские дни были отмечены в Бурятии, в Магадане, где ночные температуры упали до –60 °С. Местные телестудии сообщали о множестве пожаров, вызванных перегрузкой проводки из-за массового включения электронагревателей. Вышла из строя одна из главных высоковольтных линий.

Морозы парализуют жизнь городов, губительно воздействуют на посевы, увеличивают вероятность технических аварий (при температуре ниже –30 °С существенно увеличивается ломкость деталей машин).

Экстремальные вторжения холодных масс, сопровождающиеся обычно снегопадами, могут быть сравнительно кратковременными (немногие дни), но они губительны для сельскохозяйственных культур в субтропическом поясе, а в весеннее время и в южной части умеренного климатического пояса. Кроме того, они затрудняют жизнь городов, работу коммуникаций и т.д.

Явление понижения температуры воздуха ниже 0 °С вечером и ночью после дня с положительными температурами называется *заморозками*. В Европейской части России заморозки случаются обычно весной или осенью, тогда, когда вторгаются холодные воздушные массы или приходит антициклон, при котором интенсивное ночное тепловое излучение от земной поверхности охлаждает почву, растительный покров и воздух. Заморозки причиняют очень большой ущерб сельскому хозяйству, особенно в районах низин, где может застаиваться холодный воздух. Для борьбы с заморозками используют костры, образующие дым, который прикрывает земную поверхность и защищает ее от охлаждения.

*Экстремальная жара* в любом климатическом поясе устанавливается при летнем антициклоне. Абсолютный максимум температуры – максимальная температура воздуха, зарегистрированная в данной точке, стране или на Земле в целом за всю историю метеорологических наблюдений. Так, для Москвы это значение составляет 38,2 °С (29 июля 2010), предыдущий рекорд был отмечен 7 августа 1920, он составлял 36,8 °С. Для земного шара – это 57,8 °С (Ливийская пустыня).

В августе 2003 г. в Париже температура воздуха достигала +41 °С. В Испании термометр показывал температуру местами более +45 °С. Асфальт налипал на шины, пластиковые подошвы плавилась. Аномальной жной принесло во Францию изменение циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой. Во время «волны зноя» над городом стоял фотохимический смог. При такой температуре тело человека охлаждается, выделяя пот и перекачивая кровь ближе к поверхности кожи. Если температура и влажность воздуха остаются долго (с 1 по 20 августа) аномально высокими, то наступает перегревание тела (гипертермия). Так, по данным института здравоохранения и медицинских исследований Франции, небывалая августовская жара 2003 г. привела к смерти 17 802 человек. Особенно пострадала Португалия, где огонь уничтожил 40 % лесов, унёс жизни 18 человек и разорил огромное количество ферм. Зерновые выгорели, фрукты осыпались с вянущих деревьев, скот беспокойно топтался на пожухлых пастбищах, миллионы птиц гибли. Уровень воды в Дунае достиг рекордно низкой отметки, и она стала дефицитом для охлаждения реакторов атомных электростанций.

К концу августа на смену «волны зноя» пришёл прохладный северный

воздух. Столкновение атмосферных фронтов привело к сильнейшим грозам и граду размером с перепелиное яйцо. Молнии подожгли сухие деревья, но через считанные минуты огонь залило долгожданным ливнем.

Лето 2010 г. на европейской части России оказалось самым тёплым за 1000 лет. Больше 2 месяцев почти ежедневно было на 7 градусов выше среднестатистических норм. Такие температуры (38,2 °С), в которых вынуждены выживать россияне, характерны для Сахары. Россия потеряла около 10 млн га зерновых, более 120 тыс. га леса, а смертность во многих регионах возросла вдвое; 17 регионов России были охвачены пожарами. Погибли 50 человек, без крова остались свыше 3,5 тыс. человек. Ущерб оценивается в миллиарды рублей. Невыносимо жарко также было в Японии, Канаде, США, Западной Европе. В Пакистане произошло самое сильное за последние 80 лет наводнение. Большинство метеорологов уверены, что эти явления на глобальном уровне представляют собой звенья одной цепи. По мнению заместителя директора Гидрометцентра – над Россией висит так называемый блокирующий антициклон, который не давал проходу более холодному и влажному воздуху Атлантики. Почему так произошло, у учёных ответа нет, «такие изменения являются частью естественной изменчивости атмосферы». Согласно прогнозам Британской метеослужбы такая жара будет повторяться через каждые два – три года. Все говорят о постепенном нагревании нашей планеты, учащении природных аномалий, включая «волны летнего зноя».

Жара ведет к иссушению почвы, росту пожароопасности в лесах, степях, на торфяниках, к обмелению судоходных рек и к другим нежелательным последствиям на территориях протяженностью многие сотни километров.

Значительный недостаток осадков в течение длительного времени весной или летом при повышенной температуре воздуха называется *засухой*, в результате чего запасы влаги в почве сильно уменьшаются, растения плохо развиваются, а урожай может погибнуть полностью.

*Засуха* – частое явление в тропических широтах, полупустынных и особенно степных зонах, где находится основная площадь пахотных земель, весной и летом вследствие длительного (до 2 месяцев) господства антициклонной погоды.

Засухи возникают тогда, когда в атмосфере долгое время сохраняется высокое давление воздуха, т.е. стоит антициклон. Нисходящие потоки в атмосфере препятствуют возникновению дождей, а ясная погода приводит к нагреванию и иссушению воздуха и почв.

Засухи отрицательно сказываются для сельского и лесного хозяйства, бытового и промышленного водоснабжения, судоходства и работы ГЭС. Они могут быть оценены, соответственно, различными геофизическими

показателями – от дефицита осадков (по величине, продолжительности, распространению) до сложных коэффициентов, включающих величины отклонений от нормы температуры воздуха, осадков, влагозапасов в почве, а также экономическими показателями недобора урожая, потерь производства гидроэлектроэнергии и т.п. Засухи создаются отклонением рисунка и интенсивности атмосферной циркуляции от нормы по причинам, связанным с колебаниями солнечной активности и с автоколебаниями в системе «океан – атмосфера», особенно в энергоактивных зонах (Эль-Ниньо и других). Как правило, сильные засухи на одних территориях сопровождаются повышением осадков на других.

Засуха называется также суховеем. *Суховей* – жаркий или очень теплый ветер, отмечающийся в степях, полупустынях и пустынях. Он способствует гибели урожая зерновых и плодовых культур. Суховеи дуют в Северном Казахстане, степях России и Украины.

Засухи почти всегда сопровождаются как суховеями, так и пыльными бурями, которые усиливают испарение влаги с поверхности почв, поэтому борьба с засухами, суховеями и пыльными бурями заключается в накоплении влаги в различных почвах. С этой целью проводят снегозадержание, создают защитные лесные полосы, пруды и водоемы в оврагах и балках, организуют боронование почвы и другие агромероприятия.

К устойчиво сухим и засушливым районам относится 40–45 % площади континентов; здесь проживает более 1/3 населения планеты. На территориях, где засухи возможны хотя бы изредка, размещается 3/4 населения. Для основных сельскохозяйственных районов России причиной засух служит аномальное развитие антициклонов арктического и субтропического происхождения, блокирующих обычные пути атлантических циклонов.

Сильные засухи случаются в мире почти ежегодно. По числу жертв и экономическому ущербу они – в первой пятерке видов чрезвычайных ситуаций; по наибольшему разовому количеству жертв (более 1 млн в Индии в 1965–1967 гг.) и величине прямого экономического ущерба (десятки миллиардов долларов) они – в числе крупнейших чрезвычайных ситуаций.

Большинство чрезвычайных ситуаций, к счастью, кратковременны. Землетрясение обычно длится не более минуты. Торнадо проносится над городом всего за пять минут. Циклоны и ураганы бушуют над городами в течение часа. Даже продолжительность наводнений измеряется всего лишь несколькими днями.

Но совсем по-другому обстоят дела с засухой и возникающим вследствие ее голодом. Эти чрезвычайные ситуации могут длиться неделями, а их последствия накладывают отпечаток на целые поколения.

Существуют четыре основных вида засухи:

1. *Постоянная засуха* характерна для пустынь – мест с засушливым климатом, где растения не растут без ирригации.

2. *Сезонная засуха* характерна для климатических зон с явно выраженными сухим и дождливым сезонами.

3. *Непредсказуемая засуха*, наступающая при неожиданном уменьшении осадков.

4. *Невидимая засуха*, которая является пограничным состоянием, когда высокие температуры способствуют усиленному испарению и транспирации, так что даже регулярные дожди не в состоянии в достаточной степени увлажнить почву, и урожай засыхает на корню.

Засуха как явление природы часто приводит к голоду. Это естественная причина голода, не поддающаяся влиянию человека, и порой она находится вне пределов пострадавших районов. Могут пересохнуть истоки главной реки, снабжающей водой обширные территории. Истоки реки могут быть расположены за сотни километров от места засухи, даже в другом государстве. Голод часто посещает Нижний Египет и Ближний Восток, природные условия которых не годятся для интенсивного оседлого земледелия. Источники, приносящие в эти места воду, находятся на расстоянии многих километров от них.

Наиболее часто в мире подвержен засухам Китай и Индия. В Индии летом 1987 г. недостаток питьевой воды испытывали около 250 млн человек, многие ГЭС резко уменьшили или прекратили выработку электроэнергии. Засуха летом 1976 г. в Южном Уэльсе вызвала голод в Англии. Обычно Южный Уэльс подвержен сильным ливням, туманам и непрерывным дождям. К концу мая урожай стал засыхать на полях всей Англии. В России засухи чаще всего поражали Среднее и Нижнее Поволжье и бассейн р. Урал. Наиболее засушливыми были 1891, 1911, 1921, 1931, 1936, 1946, 1954, 1957, 1967, 1971, 1972, 1975 г.

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека. Установлено, что при температуре воздуха более + 25 °С работоспособность человека начинает падать. Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, – около +116 °С.

Переносимость человеком температуры в значительной мере зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев тела. Особенно неблагоприятное воздействие на тепловое самочувствие человека оказывает высокая влажность при  $t$  более + 30 °С, так как при этом почти вся выделяемая теплота отдается в окружающую среду при испарении пота. Вместе с потом организм теряет

значительное количество минеральных солей. При неблагоприятных условиях потеря жидкости может достигать 8–10 л за смену и с ней до 40 г поваренной соли (всего в организме около 140 г NaCl). При высокой температуре воздуха расходуется углеводы, жиры, белки.

Для восстановления водного баланса человеку необходима подпитка подсоленной (около 0,5 % NaCl) газированной питьевой водой из расчета 4–5 л на человека в сутки. В жарких климатических условиях рекомендуется пить охлажденную питьевую воду или зеленый чай.

Длительное воздействие *высокой* температуры (особенно в сочетании с повышенной влажностью) может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию перегревания организма выше допустимого уровня – *гипертермии*. Это состояние, при котором температура тела поднимается до 38–39 °С. При гипертермии и как следствие, тепловом ударе наблюдаются головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потовыделение, пульс и дыхание учащены. При этом наблюдается бледность, потеря сознания, зрачки расширены.

Нахождение человека при *пониженной* температуре, большой подвижности и влажности воздуха может быть причиной охлаждения и даже переохлаждения организма – *гипотермии*. При продолжительном действии холода дыхание становится неритмичным, частота и объем вдоха увеличиваются. Появление мышечной дрожи, при которой внешняя работа не совершается, а вся энергия превращается в теплоту, может в течение некоторого времени задерживать снижение температуры внутренних органов. Результатом действия низких температур являются «холодовые» травмы (вставка 15).

#### **Вставка 15 В**

Индии в январе 1989 г. и в Мексике в январе 1984 г. более 200 человек погибли от холода при температуре воздуха около 0 °С; в январе 1984 г. и в феврале 1989 г. в США при морозах до –40 °С погибло 230 человек, был нанесен огромный ущерб сельскому хозяйству и транспорту. В целом в США экстремальные холода занимают второе место среди всех причин чрезвычайных ситуаций по величине экономического ущерба. В мире среднегодовой ущерб от морозов и снегопадов занимает пятое место после ущерба от ураганов, наводнений, землетрясений и засух.

Смертность пожилых и больных людей, по исследованиям в Англии, США, Индии, существенно возрастает как при морозах, так и при жаре, причем отклонение температуры от нормы более значимо, чем абсолютная ее величина. Имеет значение также скорость похолодания или потепления: при резких изменениях температуры число автокатастроф увеличивается на 25 % при холодных вторжениях, на 56 % – при наступлении жаркой



погоды. При жаре всего 37 °С в Центральной Англии в июле 1990 г. деформировались взлетно-посадочные полосы аэродромов, рельсы на железных дорогах. В Буркина-Фасо (Африка) приблизительно в то же время вследствие экстремальной жары (до 50 °С в тени) от перегрева стен взорвался склад боеприпасов

Согласно постановлению № 370 от 16.12.2010 г. об организации работ в холодное время года на открытом воздухе и закрытых необогреваемых помещениях на территории Томской области работы приостанавливаются, если скорость ветра и температура воздуха имеют следующие параметры:

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С
При безветренной погоде	– 40
Не более 5,0	– 35
5,1–10,0	–25
10,1–15,0	–15
15,1–20,0	– 5

Средства индивидуальной защиты при высоких и низких температурах воздуха следующие: от неблагоприятного воздействия климатических факторов используют спецодежду, спецобувь, средства защиты рук и головные уборы.

Спецодежда для защиты от низкой температуры, ветра и атмосферных осадков изготавливается из хлопчатобумажных тканей с водоотталкивающими и другими пропитками, из натурального или искусственного меха и синтетических утеплителей. Особенно большое значение имеет качество спецодежды для работы на открытом воздухе в условиях Крайнего Севера. Разработаны электрообогревающие комплекты «Пингвин», «Енот» и др.

Таким образом, общая циркуляция атмосферы в сочетании с солнечной радиацией определяет размещение обширных областей антициклонов и циклонов и отражает особенности циркуляции атмосферы. Рассмотрены стихийные бедствия метеорологического характера: тропические циклоны (ураганы, тайфуны) и циклоны средних широт, шквальные бури и смерчи (торнадо), экстремальные осадки и снежноледниковые явления, грозы, градобития, экстремальные температуры воздуха и защита от них.

## Глава 8 ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИДРОСФЕРЕ

### 8.1. Морские гидрологические чрезвычайные ситуации

Наиболее опасное морское гидрологическое явление (наводнение) природного происхождения – цунами, что в переводе с японского языка означает *высокая волна в заливе*.

#### 8.1.1. Цунами

*Цунами* – длиннопериодичные морские гравитационные волны, обладающие большой разрушительной силой.

Их возникновение связано с быстрыми и крупными возмущениями водной толщи, связанными с землетрясением (доля 85 %), извержениями подводных вулканов, подводными взрывами ядерных бомб, крупными подводными оползнями и обвалами, падением в океан гигантских метеоритов.

Во время цунами переносятся миллиарды тонн воды на 10–15 тыс. км. Волна распространяется в открытый океан со скоростью 700–800 км/ч, что соответствует скорости движения самолёта (Лобковский, 2005). При приближении к берегу под действием сил трения волна начинает терять скорость, но приобретает острую форму и увеличивает свою амплитуду до 10 м и более. И последняя стадия распространения цунами – накат волны на берег с образованием гребня, который опрокидывается, смывает и разрушает всё на своём пути, принося колоссальные разрушения на берегу. Это волны различной высоты, которым на побережье обычно предшествует отлив.

подавляющее число цунами (более 90 %) зарегистрировано в зонах островных дуг и активных континентальных окраин, т.е. в тех участках земной коры, где происходят землетрясения, и выделяется более 85 % сейсмической энергии планеты. За 2 500 лет отмечены цунами только в Тихом (80 % случаев), Атлантическом океанах и Средиземном море. Цунами возникают, как правило, при подводных землетрясениях с магнитудой более 7. Энергия цунами обычно составляет 1–10 % энергии, вызвавшей землетрясением. Всего, зарегистрировано 355 цунами. На долю Японии приходится 197 цунами, на Курилы и Камчатку – 14 цунами, из них только 4 можно считать сильными. Последнее сильнейшее цунами, охватившее 700-километровую зону Дальневосточного побережья, наблюдалось 5 ноября 1952 г., когда волны высотой до 10 м нанесли сильнейшее разрушение г. Северо-Курильску (вставка 14).

Разрушительная *сила* цунами зависит от интенсивности породившей её причины, расстояния места зарождения её от берега, изначальной высоты волны, особенностей рельефа на пути цунами и очертания береговой линии. Особенно опасны бухты, заливы и устья рек. Большая опасность цунами обусловлена тем, что этот процесс быстродействующий, носящий катастрофический характер, негативные последствия его действия распространяются на целые регионы. В масштабе всей Земли интервал повторения наиболее крупных цунами, по данным Д.В. Эйджера [63], составляет в среднем 10 лет.

*Силу* цунами определяют по величине магнитуды в баллах (табл. 24). Энергия цунами составляет около 1–18 % от вызвавшего его землетрясения, т.е.  $10^{23}$  эрг. Если прибрежная часть моря глубокая, то возможны катастрофические волны, если мелкая, то цунами теряет силу на подходе к берегу. В зависимости от рельефа дна высота волн может достигать 60 м (были случаи и 70 м, и больше) и распространяться вглубь материка до 3 км. Уходя обратно в море, образуются сильные течения, которые могут унести в море людей, строения и др. Расчетное время подхода цунами к различным точкам может быть рассчитано по координатам землетрясения. Для Камчатки это время установлено около 40 мин.

#### **Вставка 14**

Сильное цунами обрушилось на Курильские острова 5 ноября 1952 г. Очаг землетрясения был в пределах Курильского желоба. Население в городе Северо-Курильске проснулось от землетрясения: падала посуда, рушились печи. Люди выбежали на улицу. Вскоре все затихло. Люди начали возвращаться в дома, но опытные старожилы бросились к горам. Через 45 мин послышался гул со стороны моря. От моря неслась 10метровая стена воды. Наибольшую высоту она имела в районе центральной части города. Через 15 минут пришла вторая, еще более страшная волна. Пройдя весь город, она дошла до гор и начала скатываться обратно в море со страшным всасывающим звуком. Позади волны остались лишь фундаменты домов.

Май 1960 года. Всколыхнулось побережье Чили. Земля затряслась, словно в сильном «припадке». Дыбилась и оседала почва. Местами сдвинулись горы. Это было землетрясение. Затем все затихло. Через несколько минут люди увидели, что море отходит от берега. Надвигалась более страшная беда. Люди ждали цунами. При Чилийском землетрясении на побережье накатило несколько волн. Первая – «нежная» – около 5 м высотой, высокая вода простояла 5 минут, затем стала отступать. Вторая пришла через 20 минут: как гигантская рука, сминающая лист бумаги, она снесла все дома в городе. Море «высоко» стояло 15 минут, затем отступило, а третья волна пришла через 1 час. Она была еще выше. В Чили

погибло около 2 тыс. человек. Через 6 часов волны цунами пересекли Тихий океан и достигли Японии – островов Хонсю и Хоккайдо. Там морским наводнением уничтожено 5 тыс. домов

### 8.1.2. Прогнозирование цунами

Для прогноза цунами используют геофизические методы, которыми предсказывают землетрясения, и извержения вулканов, и, как их следствие, вероятность возникновения цунами. Известны природные признаки (предвестники) начала цунами:

- отлив в неурочное время (быстрое обнажение морского дна), длящийся до 30 мин;
- бегство диких и домашних животных с мест возможного затопления на возвышенность;
- громopodobный шум, слышимый до подхода волн;
- высота и скорость распространения волны;
- сила распространяющихся волн при обрушивании их на побережье.

Число волн достигает семи интервалом в 1 ч и более, при этом вторая или третья волна бывает наиболее сильной и вызывает наиболее сильные разрушения. Основными характеристиками цунами являются:

- магнитуда;
- интенсивность волны;
- скорость движения волны.

За *магнитуду цунами* принят натуральный логарифм амплитуды колебаний уровня воды (в метрах), измеренный стандартным мореграфом у береговой линии на расстоянии от 3 до 10 км от источника цунами.

*Интенсивность цунами* приближенно равна натуральному логарифму от высоты (в метрах) подъема воды при цунами на конкретном участке побережья. Интенсивность цунами характеризует энергию, выделившуюся в конкретной точке, которая находится на любом расстоянии от источника.

*Скорость движения волны* цунами определяет время добегания волны от источника до побережья и, в зависимости от глубины моря, может быть от 100 до 1000 км/ч. Для характеристики опасности цунами принимается шкала интенсивности (табл. 24).

#### Оценка интенсивности цунами

Таблица 24

Баллы	Определение	Характер воздействия
0	Слабое (высота волны до 1 м)	Отмечается только приборами

1	Умеренное (высота волны до 2 м)	Затапливает плоское побережье
2	Сильное (высота волны 2–4 м)	Легкие суда выбрасывает на берег, частичное разрушение легких построек и повреждение зданий; значительное число
3	Очень сильное (высота волны 4–8 м)	Полное разрушение легких и значительное повреждение прочных зданий, сильный смыв почв с полей. Повреждение всех судов. Много жертв
4	Разрушительное (высота волны 8–16 м)	Остаются только фундаменты зданий и сооружений. В прибрежной полосе длиной 500 км – уничтожение садов, плантаций. Сильное повреждение крупнейших судов. Много жертв

Регистрация землетрясения уже несет информацию о возможных волнах цунами. Более детальная обработка сейсмических данных о землетрясении позволяет определить координаты его эпицентра и магнитуду, а также ряд дополнительных критериев, позволяющих судить о цунами, т.е. его способности вызвать опасную (высотой у берега более 1 м) волну. Между моментами начала регистрации землетрясения и прихода волны к берегу всегда есть пауза, которая составляет от нескольких минут до суток. Эта пауза дает возможность предупредить населенные пункты о надвигающейся опасности и осуществить мероприятия по предотвращению возможного ущерба на берегу.

В настоящее время в цунамиопасных регионах развернута и функционирует служба предупреждения о цунами. Используются данные не только сейсмических наблюдений, но и данных прямых наблюдений за состоянием поверхности океана на достаточном расстоянии от берега с помощью гидрофизических станций.

В табл. 25 приведены поражающие факторы цунами.

### Поражающие факторы цунами

Таблица 25

<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
------------------	------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>– высота, скорость и сила распространения волн при обрушении их на побережье;</li> <li>– подтопление, затопление прилегающих к берегу земель;</li> <li>– сильное течение при обратном уходе волн с берега в океан;</li> <li>– сильная воздушная волна</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разрушение и затопление прибрежных сооружений, зданий;</li> <li>– снос техники, построек, судов;</li> <li>– пожары, взрывы на опасных объектах;</li> <li>– смыв плодородного слоя почвы, уничтожение урожая;</li> <li>– уничтожение или загрязнение источников питьевой воды</li> </ul>
---	--

### 8.1.3. Мероприятия по уменьшению последствий цунами

Сочетание прогнозирования, заблаговременных административных и защитных мероприятий ведет к резкому снижению человеческих жертв и материального ущерба от последствий цунами. Но пока надежных мер защиты от цунами не существует. Виды защитных мероприятий:

- строительство береговых укреплений;
- использование волнорезов, дамб, волноотбойных стенок;
- запрещается новое строительство, а также производится постепенный перенос в безопасные места существующих зданий и сооружений;
- посадка по побережью лесозащитных полос.

Единственным средством защиты населения от цунами является эвакуация из прибрежной и затопляемой зоны. Поэтому население должно знать сигналы оповещения, признаки предупреждения о цунами, а также маршруты эвакуации. Необходимо оставаться в безопасном месте до получения сигнала отбоя опасности цунами. При объявлении о возможном цунами жители должны срочно подняться на высоту не менее 15 м. Должны быть отключены линии электропередач, газо-, электрои топливоснабжение. Все суда, стоящие на приколе, нужно вывести в открытое море.

Действия населения при цунами представлены в табл. 26.

Так как цунами могут сопровождаться сильным наводнением, необходимо соблюдать меры защиты, характерные для обычного наводнения.

#### Действия населения при цунами

Таблица 26

<i>Действия до цунами</i>	<i>Действия во время цунами</i>	<i>Действия после цунами</i>
– наблюдение за предвестниками цунами;	– при получении сигналов о цунами – срочная эвакуация из помещения;	–ожидание сигналов отбоя тревоги; – возвращение на прежнее

- изучение сигналов оповещения о цунами;
- определение мест хранения ценностей, документов;
- создание запасов продуктов, воды, медикаментов на 2 суток;
- разработка маршрутов эвакуации;
- изучение правил поведения при цунами;
- освобождение проходов для быстрой эвакуации

- выключение электропитания, отключение газовых приборов, воды;
- следование на возвышенное место (30–40 м над уровнем моря) или на расстоянии 2–3 км от берега;
- при невозможности эвакуации перемещение на верхние этажи здания, на крышу;
- внутри помещения размещение у капитальных стен, в углах, вдали от тяжелых предметов, стекол;
- вне помещения закрепление за прочную преграду, ствол дерева;
- в воде – освобождение от одежды, закрепление на плавающих предметах

- место через 2–3 часа после высоких волн;
- при входе в дом – проверка его прочности, целостности окон, дверей, отсутствия трещин, подмыва;
- проверка наличия утечек газа, состояния электропроводки;
- самопомощь;
- спасение пострадавших и доврачебная помощь

## 8.2. Континентальные гидрологические чрезвычайные ситуации

К источникам опасных гидрологических процессов, согласно ГОСТ Р 22.0.06-95, относятся, кроме цунами, наводнения, также подтопление, русловая эрозия и морская абразия, затор, зазор и т.д. Наводнения – наиболее распространенная природная опасность (часто стихийное бедствие). Наводнения составляют 40 % всех стихийных бедствий на планете. Наводнению подвержено  $\frac{3}{4}$  части земной суши. Наводнение всегда сопровождало человечество и приносило значительные ущербы. Людям грозит опасность, когда слой воды достигает более 1 м, скорость потока превышает 1 м/с.

### 8.2.1. Наводнения

*Наводнение* – значительное затопление водой речной долины выше ежегодно затапливаемой поймы или местности, обычно свободной от воды. Затопление может быть вызвано различными причинами: а) весеннее снеготаяние или таяние ледника; б) выпадение ливневых осадков; в) заторы льда на реке; д) нагоны воды в устье рек при приливах и ветрах; г) прорыв плотины.

Для городов и населенных пунктов существуют два понятия: подтопление и затопление. При подтоплении грунтовая вода в результате подпора проникает в подвальные помещения, в траншеи, где заложены тепловые, водопроводные и иные коммуникационные сети в населённых пунктах. При затоплении территория покрывается слоем воды той или иной высоты от попадания на неё поверхностных текучих вод.

На некоторых реках наводнения происходят несколько раз в году в периоды активного снеготаяния и в периоды интенсивных дождей. Например, в Приамурье и в Приморье 60–70 % годового количества осадков выпадает в июне, июле и августе. Их приносят южные циклоны. Это приводит к образованию двух пиков паводков – в мае и в июле– августе. После мощных ливней, особенно если на них накладывается активное снеготаяние, происходят катастрофические наводнения, затапливающие огромные территории. В северных районах этому способствуют наличие слабоводопроницаемых сезонной многолетнемёрзлых грунтов, переводящих дождевые осадки в сток, что способствует высоким паводкам.

В начале 90-х гг. Гидрометцентр России разработал «Карту опасности развития наводнений на территории России». В основу составления карты положен масштаб наводнений (величина максимального уровня половодья) и его повторяемость. Анализ карты районирования территории России по опасности развития наводнений показывает, что наиболее часто наводнения происходят на юге Приморского края, в бассейне Средней и Верхней Оки,



Верхнего Дона, на реках бассейна Кубани и Терека. Наибольшие площади затопления наблюдаются на реках Сибири, текущих к северным морям: Обь, Енисей, Лена, особенно на притоках Среднего Енисея и Средней Лены. Здесь разливы воды наблюдаются чаще, чем один раз в два года, а в отдельные годы пойма заливаается более чем на 90 %. На территории России сильные (выдающиеся) наводнения этого типа происходят в среднем один раз в 10–25 лет. Они возможны при сочетании обильного осеннего увлажнения грунта и бурного снеготаяния (десятки миллиметров слоя воды в сутки), обеспечиваемого приходом масс теплого воздуха с дождями. Нагонные наводнения наблюдаются на Азовском, Балтийском, Белом и Каспийском морях, а также в устье рек Невы и Северной Двины.

В США наводнениям подвержены 6 % территории, в Западной Европе – до 4 %. Наводнения особенно опасны для стран, расположенных на низменных равнинах с малыми абсолютными отметками, значительную часть которых составляют дельтовые земли. Например, в Бангладеш в год выпадает 2169 мм осадков, из них 85–95 % приходится на летние месяцы. В результате расход воды в паводки по сравнению с меженью повышается в десятки раз. Морские приливы в устьях рек Ганга достигают 4–7 м высоты и подпруживают речные воды, увеличивая площадь затапливаемых земель. Более распространены наводнения, обусловленные длительными интенсивными фронтальными дождями. Рекорд по числу жертв от таких наводнений принадлежит Китаю, где сочетаются муссонный климат и плоский равнинный рельеф, причем часть рек в низовьях текут по ложу, приподнятому над освоенной поймой. Например, ложе р. Хуанхэ приподнято на высоту до 12–15 м. Подъем уровня в ней может достигать 30 м. Катастрофические наводнения в Китае происходят в среднем один раз в 50 лет.

Реки территории России, протекающие в разных районах, отличаются друг от друга различными условиями формирования стока воды. По условиям формирования стока и, следовательно, по условиям возникновения наводнений они разделяются на 4 группы (табл. 27).

В районах умеренного климата (Европейская часть и Сибирь) наводнения происходят в среднем 1 раз в два года, в других местностях частота может убывать до 1 раз в 1000 лет. Продолжительность затопления зависит от характеристик стока: уклона реки, шероховатости русла, наличия препятствий в пойме и др. Продолжительность затопления составляет для малых рек – около 7 дней; для средних – до 15; для крупных – 80–90 дней.

Таблица 27

Типы рек по условиям возникновения наводнений

<i>Условия формирования максимального стока воды</i>	<i>Районы распространения на территории РФ</i>
--	--

Весеннее таяние снега на равнинах	Европейская часть и Западная Сибирь
Таяние горных снегов и ледников	Северный Кавказ
Выпадение интенсивных дождей	Дальний Восток и Сибирь
Снеготаяние и выпадение осадков	Северо-Западный регион

Условно выделяют по количеству проявлений в году два типа наводнений – *однопиковое* и *многопиковое*:

- *однопиковое* – для равнинных рек из-за таяния снега;
- *многопиковое* – для горных рек из-за таяния горных снегов и ледников;
- *многопиковое* – на реках, протекающих на местностях с обильными дождями;
- *многопиковое* – из-за весенних паводков от таяния снега и осенних – от обильных дождей.

Особенно опасные наводнения наблюдаются на реках дождевого и ледникового питания.

Всё многообразие наводнений по причинам возникновения и характеру проявления можно свести к 5 группам (табл. 28).

На территории России преобладают наводнения первых двух видов – *половодье* и *паводок* (около 70–80 % всех случаев). Они имеют распространение на равнинных, предгорных и горных реках. Остальные три вида наводнений имеют локальное распространение. По механизму формирования поверхностного стока различают *половодья* и *дождевые* наводнения.

Наводнение, характерное для равнинных рек, называют *половодьем*. *Половодье* – это ежегодно повторяющийся в один и тот же сезон значительный и довольно длительный подъем уровня воды в реке. Половодья возникают из-за резкого увеличения притока талых и дождевых вод, загромождения русла реки льдом весной, шугой или донным льдом осенью, прорыва дамб и плотин на реке (табл. 28).

Наводнение, характерное для рек с максимальным стоком, обусловленным выпадением интенсивных дождей, называют *паводком*. Паводок – интенсивный, сравнительно кратковременный подъем уровня воды (табл. 28).

## Виды наводнений

Таблица 28  
по причине возникновения и характеру проявления

<i>Виды наводнения</i>	<i>Причины</i>	<i>Характер проявления</i>
Половодье	Весеннее таяние снега на равнинах или весенне-летнее таяние снега и дождевые осадки	Повторяются периодически в один и тот же сезон. Значительный и длительный подъем уровней воды
Паводок	Интенсивные дожди и таяние снега при зимних оттепелях	Отсутствует четко выраженная периодичность. Интенсивный и сравнительно кратковременный подъем уровня воды
Заторные, зажорные (заторы, зажоры)	Большое сопротивление водному потоку, образующееся на отдельных участках русла реки, возникающее при скоплении ледового материала в сужениях или излучинах реки во время ледостава (зажоры) или во время ледохода (заторы)	Заторные – в конце зимы или весны. Высокий и сравнительно кратковременный подъем уровня воды в реке. Зажорные – в начале зимы. Значительный (не менее чем при заторе) подъем уровня воды и более значительная по сравнению с заторами продолжительность
Нагонные (нагоны)	Ветровые нагоны воды в морских устьях рек и наветренных участках побережья морей, крупных озер, водохранилищ	В любое время года. Отсутствие периодичности и значительный подъем уровня воды
Затопления при прорыве плотин	Излив воды из водохранилища или водоема, образующийся при прорыве сооружений напорного фронта (плотины, дамбы и т.п.), при аварийном сбросе воды из водохранилища, при прорыве естественной плотины, создаваемой природой при землетрясениях, оползнях, обвалах, движении ледников	Образование волны прорыва, приводящей к затоплению больших территорий и к разрушению или повреждению встречающихся на пути объектов (зданий и сооружений и др.)

Часто наводнения связаны с интенсивными ливневыми дождями – *дождевые* наводнения. Они обусловлены режимом муссонных осадков.

Речные наводнения делятся на следующие типы:

- *низкие* (небольшие или пойменные) – затапливается низкая пойма;
- *средние* – затапливается высокая пойма;
- *сильные* (выдающиеся) – затапливаются террасы с расположенными на них населёнными пунктами, коммуникации, требуется эвакуация населения;
- *катастрофические* – существенно затапливаются города, требуются крупные аварийно-спасательные работы, массовая эвакуация населения.

По масштабу проявления можно выделить 6 категорий наводнений [Шаболин]:

- всемирный потоп;
- континентальные;
- национальные;
- региональные;
- районные;
- местные.

Анализ условий формирования наиболее высоких половодий на реках России и США позволили выделить *основные факторы*, определяющие величину максимального стока и подъёма уровней воды в реках [Природные опасности России. Гидрометеорологические опасности, 2001)].

К основным факторам формирования половодий относятся (табл. 29):

- 1) запас воды в снежном покрове в начале снеготаяния;
- 2) толщина ледяного покрова на реках за зимний период;
- 3) интенсивность снеготаяния;
- 4) величина и интенсивность осадков в период половодья;
- 5) осеннее-зимнее увлажнение;
- 6) глубина промерзания почвы;
- 7) наличие ледяной корки на поверхности почвы.

*Затор* – загромождение русла реки льдом во время ледохода на реках, текущих с юга на север, так как южные участки реки освобождаются ото льда обычно раньше, чем северные, и начавшийся ледоход встречает на своем пути препятствие в виде ледостава. Затор – это скопление крупно и мелкобитых льдин. Затор вызывает подъем уровня воды в месте скопления льда и на некотором участке выше него. Затор льда обычно образуется в конце зимы и в весенний период при вскрытии рек во время разрушения ледяного покрова. Максимальный заторный уровень, как правило, превышает уровень весеннего половодья. Период подъема – 0,5–1,5 суток, спада – до 15 суток.

*Зажор* – скопление внутриводного льда, образующего ледяную пробку и вызывающего дополнительный подъем уровня воды. В отличие от затора зажор создается из скопления рыхлого ледового материала: комьев шуги, частиц внутриводного льда, обломков заберегов, небольших льдин. Зажоры возникают в предледоставный период и в течение зимы при наличии незамерзающих участков реки.

Характеристиками заторов и зажоров являются: строение ледового материала, размеры, максимальный уровень и максимальный подъем уровня воды. Зажорные массы льда однородны по своему строению (скопление рыхлого ледового материала) и располагаются непосредственно у кромки ледяного покрова и под ним. Здесь они имеют наибольшую толщину.

Длина зажорного участка может составлять от 3 до 5 величин ширины реки (3–20 км и более). Максимальный зажорный уровень превышает уровень воды при ледоставе. Период подъема – 0,5–3 суток, спада – 10–15 суток.

*Нагонные наводнения* (яп. – *такашио*) – это результат воздействия на водную поверхность штормовых и ураганных ветров (табл. 28) Нагонные наводнения возникают на приморских территориях при прохождении циклонов, особенно ураганов (тайфунов). Нагон воды представляет собой подъем ее уровня, вызванный воздействием ветра на водную поверхность. Нагонные наводнения обусловлены: барическим поднятием уровня моря (обычно до 1 м, редко до 2,5 м); длинными волнами вследствие собственно нагона. Нагоны, приводящие к наводнениям, бывают в морских устьях крупных рек, а также на больших озерах и водохранилищах. Нагон возникает на наветренном берегу водоема за счет касательного напряжения на плоскости раздела вода–воздух. Вовлекаемые ветром в движение в сторону наветренного берега поверхностные слои воды испытывают сопротивление нижних слоев воды. С образованием уклона водной поверхности под действием силы тяжести нижние слои начинают двигаться в противоположном направлении, уже испытывая гораздо большее сопротивление шероховатости дна. На величину подъема нагонного уровня воды крупных водоемов влияют:

- скорость и направление ветра;
- длина разгона ветра над водоемом;
- средняя глубина водоема по длине разгона;
- величина и конфигурация водоема.

Чем крупнее водоем, чем меньше его глубина, чем ближе его

конфигурация к кругу или эллипсу, тем больших размеров достигают нагоны и сгоны воды. Определённую роль при этом играет интенсивность и распределение по площади водосбора дождевых осадков за период времени, равный времени «добегания». Время «добегания» водосбора – это время, требуемое частице воды, выпавшей в наиболее отдалённой точке водосбора, для попадания в замыкающий створ (Стандарт СЭВ 2263–80). Важное значение при этом имеет геологическое строение и увлажнённость поверхности водосбора перед выпадением осадков.

*Затопления при прорывах плотин* и завалах водоёма грунтом или льдом менее регулярны, чем наводнения предшествующих типов. Они бывают в основном в горных районах и связаны с оползнями и обвалами (преимущественно сейсмогенными) и подвижками ледников. Встречается также прорыв искусственных плотин. С 1910 г. такие события в мире случаются в среднем 10–15 раз в год (в том числе разрушения крупных плотин – один раз в 2–3 года). В 1987 г. в Таджикистане, например, была прорвана плотина Саргазонского водохранилища.

Интерес представляет классификация факторов, влияющих на величину максимального подъёма уровня воды в соответствии с видами наводнений. Эти факторы определяют масштабы наводнения и должны быть изучены для той или иной территории региона (табл. 29).

#### Факторы, влияющие на масштабы наводнения

Таблица 29

<i>Вид наводнения</i>	<i>Факторы, оказывающие влияние на величину максимального подъема уровней воды</i>
Половодье	Запас воды в снежном покрове перед началом весеннего таяния; атмосферные осадки в период снеготаяния и половодья; осенне-зимнее увлажнение почвы к началу весеннего снеготаяния; мощность ледяной корки на почве и реке; интенсивность снеготаяния; заболоченность и лесистость бассейна; рельеф речной долины, её геологическое строение
Паводок	Количество осадков, их интенсивность, продолжительность, площадь охвата, увлажненность и водопроницаемость почвы, рельеф бассейна, величина уклонов рек, наличие и глубина мерзлоты
Затор, зажор	Поверхностная скорость течения воды, наличие в русле сужений, излучин, мелей и других русловых препятствий, температура воздуха в период ледостава (при зажоре) или в период ледохода (при заторе), рельеф местности

Нагон	Скорость, направление и продолжительность ветра, совпадение по времени с приливом или отливом, уклон водной поверхности и глубина реки, расстояние от морского побережья, средняя глубина и конфигурация водоема, рельеф местности
Затопления при прорывах плотин, завалах	Величина перепада уровня воды в створе плотины: объем, заполненный водой в водохранилище на момент прорыва; уклон дна водохранилища и реки; размеры и время образования пройма; расстояние от плотины, рельеф местности

Рассмотрим основные характеристики наводнений.

*Уровнем воды* считается высота поверхности воды в реке (озере) над условной горизонтальной плоскостью сравнения, называемой нулем поста. Высоту этой плоскости обычно отсчитывают от уровня моря. В устьевых участках рек, впадающих в моря, уровень воды измеряют над ординаром, т.е. над средним многолетним уровнем в данном пункте. Сумма двух величин – уровня воды на посту и отметки нуля поста – представляет собой абсолютную отметку уровня, т.е. превышение поверхности воды в реке над поверхностью моря. В Балтийской системе высот (используемой в стране) исчисление высот ведут от среднего уровня Финского залива у г. Кронштадта.

*Расходом воды* называется количество воды (в м<sup>3</sup>), протекающей через замыкающий створ реки за секунду. Графическая зависимость между расходом и уровнем воды называется кривой расходов, а график изменения расхода воды во времени – гидрографом стока.

Критерием чрезвычайных гидрологических ситуаций служит максимальный уровень воды, с которым связаны некоторые другие важные характеристики наводнения – площадь, толщина слоя воды, продолжительность и скорость подъема уровня воды. По повторяемости, площади распространения и суммарному среднему годовому материальному ущербу в масштабах страны наводнения занимают первое

место в ряду чрезвычайных ситуаций, а по человеческим жертвам и ущербу, приходящемуся на единицу пораженной площади, – второе после землетрясений.

С наводнениями связаны многочисленные человеческие жертвы и значительный экономический ущерб (вставка 13).

### **Вставка 13**

В августе 2002 г. проливные дожди привели к паводкам по всей Центральной Европе. Ущерб составил примерно 12 млрд евро. Из берегов вышли 3 крупные реки – Дунай, Влтава и Эльба. В г. Майсене на Эльбе вода доходила до второго этажа зданий. Когда во вторник 13 августа 2002 г. окончательно рассвело, вода уже оккупировала целые районы чешской столицы, затопив подвалы, проникнув в квартиры, ударив по бизнесу. К счастью, никто не погиб – пражан, в отличие от менее везучих соотечественников, живущих выше по течению, заранее предупредили о грозящем бедствии. И всё же вода прибывала так быстро – до 1 м/ч., что многих застала врасплох. Более 50 тыс. человек уже покинули свои дома. Большинство было напугано, но многие с мрачным удовольствием любовались буйством стихии. Тем не менее ближе к вечеру хлынул ливень, вода снова поднялась, и мэр отдал

жителей старинных кварталов Праги. Улицы, ещё вчера кишевшие народом, теперь исчезли под водой. Старый город удалось спасти – наспех возведённые дамбы выстояли.

17 августа. Дрезден (Германия) – пик наводнения: глубина Эльбы в черте города достигает рекордной отметки – 9,4 м. Наводнение в Центральной Европе породил второй из двух обширнейших грозовых фронтов. Но первым и всего за несколько дней до пражского бедствия, пострадали пригороды Новороссийска на черноморском побережье России. Там затопило курортную зону, утонули 58 человек. В Рудных горах на границе Германии и Чехии за 24 часа выпала 312 мм осадков – втрое больше августовской нормы. Горные ручьи превратились в ревущие потоки, которые несли огромное количество воды в крупнейшие равнинные реки региона. Бургомистр Ингольф Росберг сравнил это бедствие с бомбёжкой города в конце Второй мировой войны. Спасательные службы и добровольцы обеспечивали безопасность не только людей, но и бесценных произведений искусства саксонских курфюрстов.

Несмотря на обширное затопление, жертв было сравнительно мало. В 2003 г. начали строить новую противопаводковую систему в австрийском речном порту Кремс. Разлив Дуная в апреле 2006 г. доказал эффективность новых защитных сооружений. Большую роль играет совершенствование паводкового прогнозирования,



основанного на постоянном учёте осадков

В каждом районе могут происходить наводнения разных видов, причем сильные и катастрофические создаются обычно совпадением двух и более факторов, например: снеготаяние плюс ливни, ливни плюс прорыв плотин и т.п., что позволило разработать классификацию наводнений с учетом масштабов их распространения, повторяемости и величины экономического ущерба (табл. 30).

По величине ущерба наводнения классифицируются следующим образом (табл. 30):

Классификация наводнений  
по величине экономического ущерба

Таблица 30

<i>Класс наводнений</i>	<i>Масштабы наводнения</i>	<i>Повторяемость (годы)</i>
Низкие (малые)	Наносят сравнительно незначительный ущерб. Охватывают небольшие прибрежные территории. Затапливается менее 10 % сельскохозяйственных угодий, расположенных в низких местах. Почти не нарушают ритма жизни населения	5–10
Высокие	Наносят ощутимый материальный и моральный ущерб. Охватывают сравнительно большие земельные участки речных долин. Затапливается примерно 10–15 % сельскохозяйственных угодий. Существенно нарушают хозяйственный и бытовой уклад населения. Приводят к частичной эвакуации людей	20–25
Выдающиеся (сильные)	Наносят большой материальный ущерб. Охватывают целые речные бассейны. Затапливается примерно 50–70 % сельскохозяйственных угодий, некоторые населенные пункты. Парализуют хозяйственную деятельность и резко нарушают бытовой уклад населения. Приводят к необходимости массовой эвакуации населения и материальных ценностей из зоны затопления и защиты наиболее важных хозяйственных	50–100

Катастрофические	Наносят огромный материальный ущерб и приводят к гибели людей. Охватывают громадные территории в пределах одной или нескольких речных систем. Затопливается более 70 % сельскохозяйственных угодий, множество населенных пунктов, промышленных предприятий и инженерных коммуникаций. Полностью парализуется хозяйственная и производственная деятельность, временно изменяется жизненный уклад населения	>100 лет
------------------	---	----------

### 8.2.2. Прогнозирование наводнений и организация мероприятий по уменьшению их последствий

При прогнозировании опасности наводнения для каждой конкретной местности необходимо учитывать изменение естественного режима водных объектов, наличие дамб, плотин, шлюзов, каналов и гидроузлов. При прорыве водой этих препятствий может образоваться стремительная волна (волна прорыва), создающая опасность внезапного затопления территории, расположенной ниже по течению.

Прогнозирование и оценку масштабов чрезвычайных ситуаций следует проводить с учетом требований законов, других нормативно-правовых актов и методик, рекомендуемых МЧС России.

Масштабы наводнений, вызываемых весенними водами – *наводками*, можно прогнозировать за месяц и более до их начала.

При наводнениях, вызываемых *заторами и зажорами* льда, время на их разрушение значительно сокращается, но так как места их образования обычно известны, то можно принять предупредительные меры задолго до начала ледохода.

*Нагонные* наводнения вызываются действием штормовых и ураганных ветров, поэтому их время появления исчисляется с момента получения (объявления) штормового предупреждения, т.е. от нескольких часов до суток.

Прогнозирование наводнений – это один из видов гидрологических прогнозов. В зависимости от времени упреждения гидрометеорологические прогнозы разделяются на краткосрочные (менее 12–15 дней) и долгосрочные (с большей заблаговременностью).

*Краткосрочные* методы прогнозирования базируются на использовании закономерностей движения воды в руслах рек и закономерностей притока (стока) воды к участкам этих русел, на расчетах перемещения и трансформации водного потока по отдельным участкам реки.

В результате прогнозов выдают информацию об ожидаемых максимальных расходах и уровнях воды в створах. Исходными данными при этом являются гидрографы (зависимости расходов воды от времени).

*Долгосрочные* гидрологические прогнозы применяют, как правило, для предсказания масштабов наводнения. Методики долгосрочного прогнозирования максимальных расходов (уровней) воды в рассматриваемых пунктах за период половодья базируются на зависимости между величиной расхода и стоком в половодье, которые устанавливаются для каждого пункта по материалам многолетних гидрометрических наблюдений.

Результаты прогнозных расчетов весеннего половодья на территории страны в начале каждого года Гидрометцентр выдает пользователям в виде карт, на которых изолиниями обозначены бассейны с различными значениями возможных максимальных превышений (или снижений) уровня воды относительно среднего многолетнего уровня.

Для каждого населенного пункта, попадающего в зону возможного наводнения, в соответствующем территориальном органе Госкомгидромета имеются каталоги опасных отметок уровней (расходов) воды – критических уровней воды. *Критический (опасный) уровень* – это уровень воды по ближайшему гидрологическому посту, с превышением которого начинается затопление населенного пункта. Может быть несколько значений критического уровня воды, характеризующих последовательность затопления населённого пункта по мере повышения уровня воды в реке.

Методика прогнозирования наводнений заключается в следующем:

- по прогнозным картам устанавливают максимально возможное ожидаемое превышение уровня воды в реке для данного пункта на определённый период времени;
- величину превышения уровня воды суммируют с соответствующей величиной среднего многолетнего уровня воды в реке для данного пункта (по данным Госкомгидромета);
- сравнивая полученную величину отметки с величиной критического уровня, получаем информацию о возможной степени затопления территории.

*Главная задача* прогнозирования заторов и зажоров – оценить максимальные возможные заторные и зажорные уровни воды. На первой стадии прогнозирования оценивается возможность образования затора или зажора, определяются затороопасные и зажороопасные участки в руслах рек. Определить такие участки для всех рек страны можно с помощью «Каталога заторных и зажорных участков рек», который имеется в органах Госкомгидромета. Исходными данными для прогнозирования максимальных заторных и зажорных уровней являются данные наблюдений гидрологических постов. Результаты прогноза выдаются в виде карт или сводок с ожидаемыми величинами максимальных заторных и зажорных уровней.

Методы прогноза максимальных заторных и зажорных уровней основываются на прямой или косвенной оценке величины расхода воды у кромки ледяного покрова по пути ее перемещения в пределах водосборного участка реки. Существуют эмпирические зависимости максимального заторного или зажорного уровней от расхода воды у кромки ледяного

покрова. Эти зависимости различны для разных физикогеографических условий речных бассейнов на территории России.

Известно, что основная опасность затора (зажора) льда заключается в значительном подъеме уровня воды в реке. Полученные расчетом ожидаемые значения максимальных уровней воды в реке сравнивают с соответствующими величинами критических уровней.

В понятие прогноз *нагонных наводнений* входит оценка величины подъема уровня воды, а также ориентировочное время, к которому этот подъем уровня ожидается. Прогноз нагонного наводнения периодически уточняется, по мере продвижения волны нагона.

В соответствии с физико-географическими и климатическими условиями для каждого района, в котором имеют место нагонные явления, разрабатываются конкретные методики прогноза нагонных наводнений. Исходным материалом для разработки каждой такой методики являются результаты анализа данных обо всех имевших место ранее в данном районе нагонных наводнениях. Особо опасные уровни воды при наводнении устанавливаются управлением Гидрометеослужбы данного региона.

К негативным и поражающим факторам наводнения относятся (табл. 31):

- затопление территорий слоем воды разной мощности;
- длительность (время) стояния паводковых вод;
- скорость увеличения уровня воды;
- размыв и смыл грунта в зонах затопления;
- загрязнение территории затопления;
- вспышки болезней вследствие загрязнения питьевой воды.

Меры защиты от наводнений подразделяются на *оперативные* (срочные) и *технические, или инженерные (предупредительные)*.

*Инженерные методы* защиты от наводнения включают заблаговременное проектирование и строительство специальных сооружений.

К ним относятся:

- регулирование стока в русле реки;
- отвод паводковых вод;
- регулирование поверхностного стока на водосбросах;
- обвалование русла рек и морских побережий;
- спрямление русел рек и дноуглубление;
- строительство берегозащитных сооружений (дамб, насыпей валов, стенок);
- подсыпка застраиваемой территории;
- ограничение строительства в зонах возможных затоплений и др.

Поражающие факторы наводнения

Таблица 31

<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– затопление территории водой (до 2 м);</li> <li>– длительность стояния паводковых вод (до 90 дней для крупных рек, малых – до 7 дней);</li> <li>– скорость поднятия уровня паводковых вод;</li> <li>– скорость движения воды до 4 м/с;</li> <li>– размыв и смыв грунта в зонах затопления;</li> <li>– заражение и загрязнение местности;</li> <li>– уничтожение урожая, кормовой базы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– при заторах – давление льда на береговые сооружения и их разрушение;</li> <li>– нарушение прочности сооружений;</li> <li>– снос жилых построек, разрушение коммуникаций;</li> <li>– активизация оползней, обвалов;</li> <li>– аварии на транспорте</li> </ul>

К инженерным методам защиты относятся также создание водохранилищ на реках, т.к. в них в период прохождения паводка и половодий аккумулируется максимальный сток. Например, в Финском заливе в г. Санкт-Петербурге строится специальный комплекс из стали и бетона, который наглухо закроет акваторию, прекратив путь длинной волне к городу.

Наибольший экономический эффект и надежная защита пойменных территорий от наводнений могут быть при сочетании активных методов защиты (регулирование водостока) с пассивными методами (обвалование, руслоуглубление и т.п.).

Профилактическая (предупредительная) защита предполагает заблаговременную подготовку к наводнениям в той или иной местности. Она включает подготовку специальной техники, укрепление дамб, взрывание льдов, оповещение и эвакуацию людей в соответствии с планом борьбы и защиты населения. *Оперативные* меры не решают в целом проблемы защиты от наводнений и должны осуществляться в комплексе с техническими (инженерными) мерами.

В целом на государственном уровне необходима концепция защиты от наводнения паводковых районов, гибкая программа по страхованию населения от несчастного случая, разработка долгосрочных прогнозов и ущербов от наводнения.

Выбор способов защиты зависит от ряда факторов: гидравлического режима водотока, рельефа местности, инженерно-геологических и гидрогеологических условий, наличия инженерных сооружений

в русле и на пойме (плотины, дамбы, мосты, дороги, водозаборы и т.д.), расположения объектов строительства, подвергающихся затоплению.

Основными направлениями действий органов местного самоуправления и органов ГОЧС при угрозе затопления являются:

- анализ обстановки, выявление источников и возможных сроков затопления;
- прогнозирование видов (типов), сроков и масштабов возможного затопления;
- планирование и подготовка комплекса типовых мероприятий по предупреждению затоплений;
- планирование и подготовка к проведению аварийноспасательных работ в зонах возможного затопления.

При угрозе затопления решением руководителей местного самоуправления создаются противопаводковые комиссии, председателями которых обычно назначаются первые заместители глав администраций. Они работают в режиме повышенной готовности.

Противопаводковые комиссии при угрозе возникновения затопления проводят следующие мероприятия:

- организуют круглосуточный контроль за паводковой обстановкой в зоне своей ответственности, используя посты Росгидромета и своих наблюдателей;
- поддерживают постоянную связь и обмениваются информацией с комиссиями по чрезвычайным ситуациям и оперативными дежурными органов управления ГОЧС;
- проводят учения (тренировки) по противопаводковой тематике и организуют обучение населения правилам поведения и действиям во время наводнений;
- отправляют отчёты в вышестоящие органы управления;
- уточняют и корректируют планы противопаводковых мероприятий с учетом складывающейся обстановки;
- решением глав администраций территорий организуют круглосуточные дежурства спасательных сил и средств;
- уточняют (предусматривают) места (районы) временного отселения пострадавших жителей из подтопленных (разрушенных) домов, организуют подготовку общественных зданий (школ, клубов и т.п.) или палаточных городков к размещению эвакуируемых;
- предусматривают обеспечение эвакуируемого населения необходимыми средствами для жизнедеятельности;
- согласуют с местными органами МВД РФ и местного самоуправления порядок охраны имущества, оказавшегося в зоне затопления;

- организуют круглосуточные дежурства по наблюдению за изменением уровня воды в источниках наводнения;
- участвуют в организации и оборудовании объездных маршрутов транспорта взамен подтопленных участков дорог;
- организуют (контролируют) укрепление имеющихся и сооружение новых дамб и обвалований;
- организуют и поддерживают взаимодействие с органами управления МО РФ, МВД РФ, территориальными управлениями (отделами) Росгидромета, территориальными подразделениями Всероссийской службы медицины катастроф.

В период угрозы весеннего половодья и паводков на реках противопаводковые комиссии должны предусмотреть определение:

- границ и размеров (площади) зон затопления, количества административных районов, населенных пунктов, объектов экономики, площади сельскохозяйственных угодий, дорог, мостов, линий связи и электропередач, попадающих в зоны подтоплений и затоплений;
- числа пострадавших, а также временно отселяемых из зоны затопления;
- разрушенных (аварийных) домов, построек и т.п.;
- объемов откачки воды из затопленных сооружений;
- количества голов погибших сельскохозяйственных животных;
- местоположения и размеров сооружаемых дамб, запруд, обвалований, креплений откосов берегов, водоотводных каналов, ям(сифонов);
- предварительного размера материального ущерба;
- численности привлекаемых сил и средств (личного состава, техники и т.п.);
- мероприятий по защите населения.

В подготовительный период важную роль играет анализ обстановки и прогнозирование возможного затопления населенных пунктов.

Анализ обстановки предусматривает выявление возможных причин возникновения угрозы затопления населенных пунктов, среди которых могут быть половодье и паводок, а также факторы, способствующие возникновению затопления и подтопления.

При этом выявляются возможные сценарии развития ЧС, при которых:

- существенно нарушаются условия жизнедеятельности людей на территории административных районов субъекта Российской Федерации;
- возможны человеческие жертвы или ущерб здоровью большому количеству людей;
- могут быть значительные материальные потери;
- возможен значительный ущерб окружающей среде.

Выявление перечисленных вариантов ЧС, связанных с затоплением территорий, производится на основании:

- статистических данных о наводнениях и данных многолетних наблюдений по данной территории;
- изучения планов действий промышленных объектов в случае возникновения ЧС;
- собственных оценок территориальных органов управления РСЧС. По выявленным факторам, способствующим возникновению ЧС, а также вторичным факторам, представляющим угрозу населению объектам экономики, производится:
  - оценка вероятности возникновения ЧС;
  - оценка масштабов возможной ЧС. Под масштабами следует понимать:
    - количество погибших;
    - количество пострадавших;
    - величину материального ущерба;
    - объем эвакуационных мероприятий и защиты, связанный с эвакуацией населения;
    - затраты на ликвидацию ЧС и восстановительные работы;
    - косвенные потери (недовыпуск продукции, затраты на пособия, компенсационные выплаты, пенсии и т.д.) и др.

На основе анализа обстановки планируют мероприятия по предупреждению затоплений. Планирование регламентируется федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», нормативно-правовыми актами органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления. При этом целесообразно различать предметное (целевое) и оперативное планирование.

Предметное (целевое) планирование должно предусматривать проведение организационных, финансово-экономических и инженернотехнических мероприятий по предотвращению или снижению риска затоплений.

Оперативное планирование предусматривает комплекс организационно-технических мероприятий по подготовке населения, объектов экономики и территорий к чрезвычайной ситуации. Эти мероприятия должны отражаться в планах социально-экономического развития территорий, планах развития отраслей экономики, объектов экономики.

Типовой порядок планирования мероприятий по предупреждению ЧС, вызванных затоплениями, включает:

- выявление организаций и учреждений, которые могут быть



задействованы в организации и выполнении мероприятий по предупреждению ЧС;

- разработку и технико-экономическое обоснование организационных и инженерно-технических мероприятий по предотвращению или снижению риска возникновения ЧС;

- разработку и технико-экономическое обоснование мероприятий по снижению тяжести последствий воздействия ЧС на население, объекты экономики и окружающую среду.

Разработанные планы согласовываются с заинтересованными органами и организациями, утверждаются соответствующими руководителями органов местного самоуправления и направляются исполнителям.

Кратко рассмотрим основные мероприятия по уменьшению последствий заторов и зажоров.

Заторы ликвидировать нельзя, их можно лишь несколько ослабить или переместить на другое место. При борьбе с заторными наводнениями требуется регулирование стока ледового материала.

Эффективные меры борьбы с заторами:

- разрушение путем подрывов ледяных полей зарядами взрывчатых веществ, бомбометания, артиллерийского обстрела;

- химическое разрушение льда путем посыпки различными солями;

- взламывание льда ледоколами или судами на воздушной подушке;

- маневрирование расходом воды через плотину.

Взрывной способ целесообразно применять в период образования затора. На широких реках подрыв ледяных полей начинают ниже затора и вдоль берегов. На узких и средних реках лед подрывают сверху вниз по течению или одновременно по всей длине затора.

При химическом способе для разрушения льда понижают его температуру плавления распределением соли по его поверхности.

Иногда для разрушения ледяного покрова его посыпают молотым шлаком с добавкой соли с нормой расхода 1–3 т/га, рассыпая шлак полосами шириной 5–10 м в местах будущих трещин и у берегов.

При разрушении ледяных полей и самого тела затора ледоколами последние должны двигаться снизу вверх по руслу реки и создавать зигзагообразный канал в теле затора шириной не менее длины судна. Суда на воздушной подушке применяются для разрушения ледяного покрова толщиной до 1 м.

Самым радикальным средством борьбы с заторами является маневрирование расходом воды через плотину. Эффективность этого метода зависит от мощности затора, объема и продолжительности пропуска воды, ледовой обстановки и погодных условий.

### **8.2.3. Рекомендации по обеспечению безопасности людей при наводнениях**

Рекомендации по обеспечению безопасности людей при наводнениях включают действия органов местного самоуправления и органов ГОЧС до наводнения, во время и после наводнения (табл. 32).

### Действия населения при наводнении

Таблица 32

<i>Действия до наводнения</i>	<i>Действия во время наводнения</i>	<i>Действия после наводнения</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– определение границ возможного затопления;</li> <li>– определение редко затапливаемых мест и путей к ним;</li> <li>– подготовка плавсредств (лодок, плотов);</li> <li>– организация порядка хранения документов, ценностей;</li> <li>– подготовка для эвакуации теплых вещей, продуктов питания, питьевой воды и медикаментов;</li> <li>– перенос ценных вещей на верхние этажи, чердак;</li> <li>– закрепление всех плавучих предметов вне дома</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– по сигналу оповещения об эвакуации – выход из зоны затопления с подготовленными вещами, выключив в доме электричество, газ, огонь в печах;</li> <li>– при невозможности эвакуации – влезть на деревья, крыши домов, верхние этажи;</li> <li>– подача сигналов бедствия (белая ткань, фонарик, голос);</li> <li>– при пользовании плавсредствами – выполнение указаний спасателей;</li> <li>– при попадании в воду, освобождение от тяжелой одежды, вещей, закрепление на плавающих предметах, подача голосом сигналов бедствия;</li> <li>– помощь тонущим путём захвата за волосы сзади</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– помощь пострадавшим;</li> <li>– после возвращения в помещение – проверка целостности здания, прочности стен, дверей, окон;</li> <li>– просушивание и проветривание помещений;</li> <li>– проверка электропроводки, исправности системы газоснабжения;</li> <li>– уборка помещения, откачка воды из подвалов;</li> <li>– уничтожение продуктов, имевших контакт с водой;</li> <li>– очистка колодцев</li> </ul>

Эвакуация – один из способов сохранения жизни людей. Если принимается решение об эвакуации из опасной зоны, то в первую очередь вывозят детей, детские учреждения и больницы. Для этого используются все имеющиеся плавсредства: баржи, катера, лодки, плоты, машиныамфибии. Входить в лодку, катер следует по одному, ступая на середину настила. Во время движения запрещается меняться местами, садиться на борта, толкаться (рис. 35).

После причаливания один из взрослых выходит на берег и держит лодку за борт до тех пор, пока все не окажутся на суше (рис. 35).

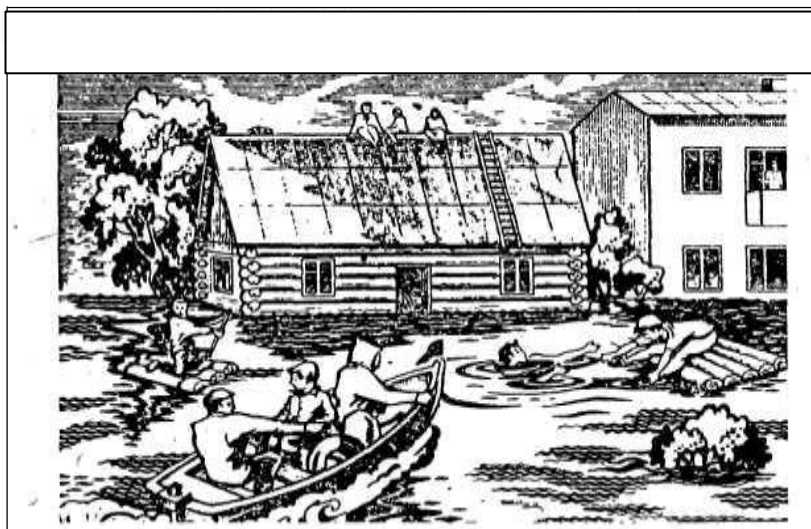


Рис. 35. Спасение людей при наводнении

Жители любого населенного пункта прежде всего должны знать, находится ли населенный пункт, в котором они проживают, в зоне возможного затопления. Если находится, то необходимо знать, куда, в какие районы должна проводиться эвакуация в случае угрозы наводнения и по каким маршрутам. Эвакуация должна проводиться при получении информации об угрозе наводнения. По возможности эвакуируются и домашние животные.

Перед тем как покинуть дом, необходимо выключить электричество, газ. При эвакуации необходимо взять с собой документы, ценности, наиболее нужные вещи и запас продуктов питания. Часть имущества, которую невозможно взять с собой, целесообразно предохранить от затопления, перенести на верхние этажи, на высокие места.

Во время наводнения необходимо:

- постараться собрать все, что может пригодиться: плавсредства, спасательные круги, веревки, лестницы, сигнальные средства;
- спасать людей, оказывать первую помощь пострадавшим;
- если есть опасность оказаться в воде, то до прибытия помощи следует снять обувь и освободиться от тяжелой и тесной одежды;
- наполнить рубашку и брюки легкими плавающими предметами (мячики, пустые закрытые пластмассовые бутылки и т.п.);
- использовать столы, автомобильные шины, запасные колеса, спасательные пояса, чтобы удержаться

а  
поверхност  
воды;

- пре  
де чем  
оскользну  
ь в воду,  
ужно  
дохнуть  
оздух,  
хватиться  
а первый

попавшийс  
я предмет и  
плыть по  
течению,  
пытаясь  
сохранить  
спокойстви  
е;

- пры  
гать в воду  
только в  
последний  
момент,  
когда нет  
больше  
надежды на  
спасение.

После  
окончания  
наводнения  
перед тем,  
как войти в  
здание,  
необходимо  
убедиться,  
что оно не  
угрожает  
обвалом,  
осмотреть  
имеющиеся  
повреждени  
я. При этом  
нельзя

пользоваться открытым огнем. Следует проверить, отключено ли электропитание, нет ли оголенной электропроводки и возможности короткого замыкания, нет ли утечки газа из системы газоснабжения.

Таким образом, к числу стихийных бедствий в гидросфере относим процессы, приводящие к гибели людей и экосистем. Согласно ГОСТ Р 22.0.06-95 к видам опасных гидрологических и гидрогеологических процессов относятся также цунами, наводнения, подтопления, эрозии, затопление, карст, суффозия, засоление, заболачивание, просадка лессовидных пород, плавуны, набухание. Нами рассмотрены распространение, генезис, факторы развития наиболее распространённых морских и континентальных опасных гидрологических процессов и (защита от них) – цунами и наводнения. Особое внимание уделено прогнозу и мероприятиям по уменьшению последствий цунами и наводнений.

## Глава 9 ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ

### 9.1. Определение и классификация пожаров

*Природные* пожары – неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и природных ресурсов, прежде всего лесов. В зависимости от типа ландшафта, по которому распространяется горение, природные пожары подразделяются на лесные, степные, торфяные, подземные пожары горючих ископаемых, кустарниковые, тундровые (рис. 36). Среди опасных природных явлений, оказывающих негативное влияние на людей, на здания и сооружения и окружающую природную среду, особое место занимают *лесные* (растительные) пожары.

### 9.2. Лесные пожары

Под термином *лесные пожары* понимаются все растительные пожары на территории лесов.

По оценкам Центра проблем экологии и продуктивности лесов РАН среди всего множества негативных факторов, определяющих состояние и динамику лесного фонда нашей страны, доминирующим был и остается огонь.

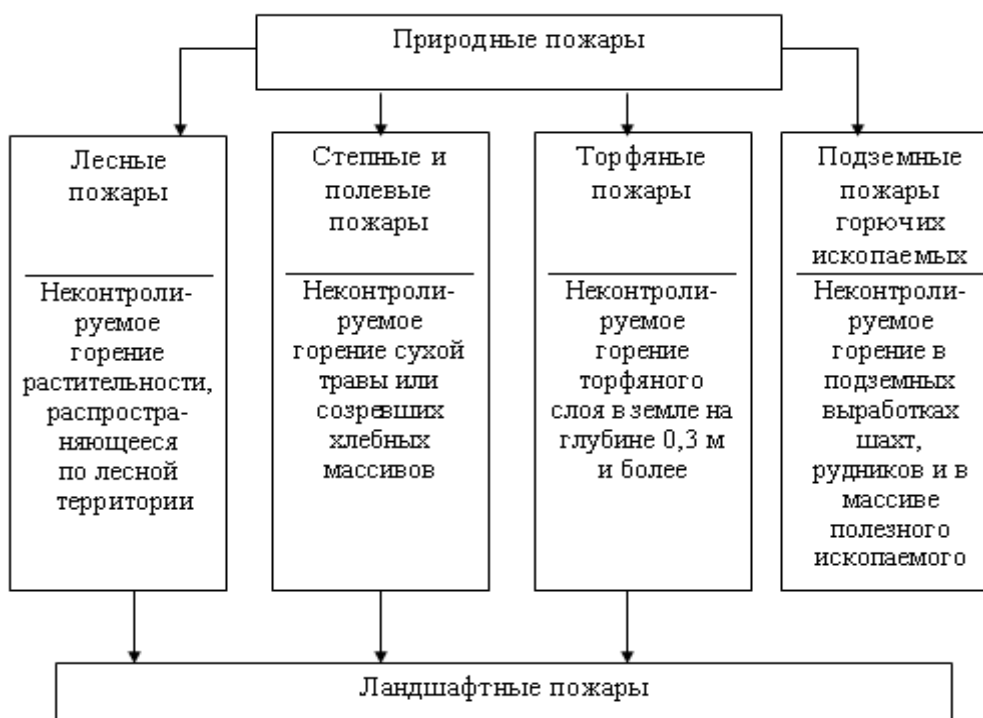


Рис. 36. Классификация природных пожаров

Лесными пожарами на территории страны ежегодно охватывается от 750 тыс. га до 4,2 млн га лесной площади, среди них до 1 млн га молодого подроста и нелесной площади (болот, торфяников, оленьих и других отгонных пастбищ, сенокосов, кустарниковых) и других категорий земель. Только в последнее десятилетие XX в. ежегодный ущерб, причиненный пожарами лесному хозяйству России, исчислялся в суммах от 2 до 6 млрд рублей.

В 2003 г. произошло 25 283 лесных пожара, охвативших площадь 2006 тыс. га. Только на тушение лесных пожаров потребовалось затрат на сумму 1,74 млрд рублей.

Стихийное, неуправляемое человеком распространение огня по лесной территории возникает при наличии 3 факторов:

- а) *горючих материалов;*
- б) *источника огня;*
- в) *погодных условий,* способствующих возгоранию этих материалов.

Пожары возникают обычно с опада сухих листьев деревьев, лесной подстилки, а затем охватывают весь лесной массив.

Опасность возгорания лесов от какого-либо источника огня связана с погодными условиями, определяющими степень сухости лесных горючих материалов. Лесные пожары возникают в период пожароопасного сезона. Под влиянием климатических (засуха) и лесорастительных особенностей в регионах России больше пожаров возникает в весенний и осенний период, чем летний. По данным Г.А. Мокеева [54] северная граница первого пояса проходит по широте Киева, здесь наблюдаются мартовские и апрельские пожары. Второй пояс находится в пределах от 50–51 до 55–56° с.ш., в нём преобладают апрельские пожары. Третий пояс охватывает южную подзону тайги до 59° с.ш., для него характерны майские пожары. Четвёртый пояс расположен в средней и северной тайге севернее 59° с.ш., здесь наблюдаются майско-июньские пожары. Во время продолжительной засухи ветреная погода способствует быстрому распространению пожаров.

Однако какой бы сильной ни была засуха, пожар не возникает, если нет источника огня. По данным статистической отчетности подавляющее число (89,5 %) лесных пожаров в целом по Российской Федерации возникает по вине людей. От молний (грозовых разрядов) возникает 10,5 % пожаров, т.е. один из десяти лесных пожаров. Причины возникновения природных пожаров сведены в табл. 33.

## Причины возникновения природных пожаров

Таблица 33

<i>Природные</i>	<i>Антропогенные</i>
– самовозгорание сухой растительности, торфа, угля;  – разряды атмосферного электричества (до 10,5 % от общего числа пожаров)	– наличие битого бутылочного стекла в местах отдыха, в лесу, которое может сфокусировать солнечный луч; – неосторожное обращение с огнем в местах работы и отдыха; – нарушение правил пожарной безопасности, наличие в шахтах метана; – бесконтрольные сельскохозяйственные палы с целью уничтожения сухой травы; – бесконтрольное сжигание порубочных остатков при очистке лесосек огневым способом

Распределение лесных пожаров носит случайный характер, а периодичность их массовых вспышек определяется цикличностью атмосферных процессов, длительностью пожароопасных сезонов и повторяемостью засушливых периодов. Обобщение характеристики среднегодовой горимости лесов России и прогноз к 2010 г. приведены в табл. 34.

Таблица 34 Обобщение характеристики среднегодовой горимости лесов России и прогноз к 2013 г.

<i>Регион</i>	<i>Средняя ежегодная площадь лесных пожаров, млн га</i>			<i>Прогноз к 2010 г.</i>
	<i>Вся территория лесного фонда</i>	<i>в том числе</i>		
		<i>активно охраняемая</i>	<i>не охраняемая</i>	
Российская Федерация, в том числе:	5,48	3,53	1,95	до 4,25
Европейско–Уральская часть	0,05	0,05	–	0,09–0,15
Западная Сибирь	0,18	0,10	0,08	0,12–0,13
Восточная Сибирь	1,69	1,23	0,46	0,4– 0,43
Дальний Восток	3,56	2,15	1,41	1,73– 3,53

По интенсивности лесные пожары подразделяются

на слабые, средние и сильные (табл. 35).

абл  
ица  
35  
Кла  
сси  
фик  
аци  
я  
лес  
ных  
пож  
аро  
в  
по  
инт

<i>Сила низового, верхового пожара</i>		<i>Скорость распространения пламени, м/мин</i>	<i>Высота пламени, м</i>
Сильный	Низовой	Более 3	Более 1,5
	Верховой	Более 100	Более 1,5
Средний	Низовой	1–3	0,5–1,5
	Верховой	10–100	0,5
Слабый	Низовой	До 1	Не более 0,5
	Верховой	3–10	Не более 0,5

Степень пожарной опасности участков леса зависит от класса (типа леса) и определяется по шкале оценки лесных участков по степени опасности возникновения в них пожаров (табл. 36).

**Шкалы оценки лесных участков по степени опасности возникновения в них пожаров**



<i>Класс</i>	<i>Типы леса, категория насаждений</i>	<i>Виды пожаров</i>	<i>Степень пожароопасности</i>
5	Хвойные молодняки. Сосняки. Захламленные	В течение всего пожароопасного сезона – низовые пожары, а на участках с древостоем – верховые	Высокая
4	Сосняки с сосновым подростом или подлеском	Низовые пожары – в течение всего пожароопасного периода, а верховые – в периоды пожарных максимумов	Выше средней
3	Сосняки – черничники	Низовые и верховые пожары – в период летнего пожарного максимума, а в кедровниках – и в периоды весеннего и осеннего	Средняя
2	Сосняки и ельники, смешанные с лиственными	В период пожарных максимумов	Ниже средней
1	Ельники, березняки, осинники, ольховники	Только при особо неблагоприятных условиях	Низкая

В зависимости от характера и места возгорания леса пожары делятся на *низовые, верховые и подземные* (почвенные) (рис. 37). Лесные пожары могут быть устойчивыми и беглыми.

*Беглые низовые* пожары характеризуются быстро продвигающейся кромкой пламени и дымом светло-серого цвета, при этом быстро сгорают опад, подрост, подлесок. Низовой беглый пожар характеризуется горением лесной подстилки, порубочных остатков, растительного покрова, коры нижней части деревьев, обнаженных корней, кустарника и подроста. Скорость этого вида пожара в зависимости от силы ветра колеблется в пределах от нескольких сотен метров до 1,5 км/ч; высота пламени зависит от характера горючих материалов и достигает 0,1–2,0 м; основное горение – пламенное.

*Устойчивые низовые* пожары распространяются медленно; они отличаются полным сгоранием живого и мертвого надпочвенного покрова; горение – беспламенное. При таких пожарах горят не только почвенный покров, лесной хлам, подлесок и подрост, но и деревья с низко опущенными сучьями. Надпочвенный покров сгорает полностью; участков, не тронутых огнем, внутри пожара не остается, при этом глубоко и сильно обгорают кора и обнаженные корни деревьев.

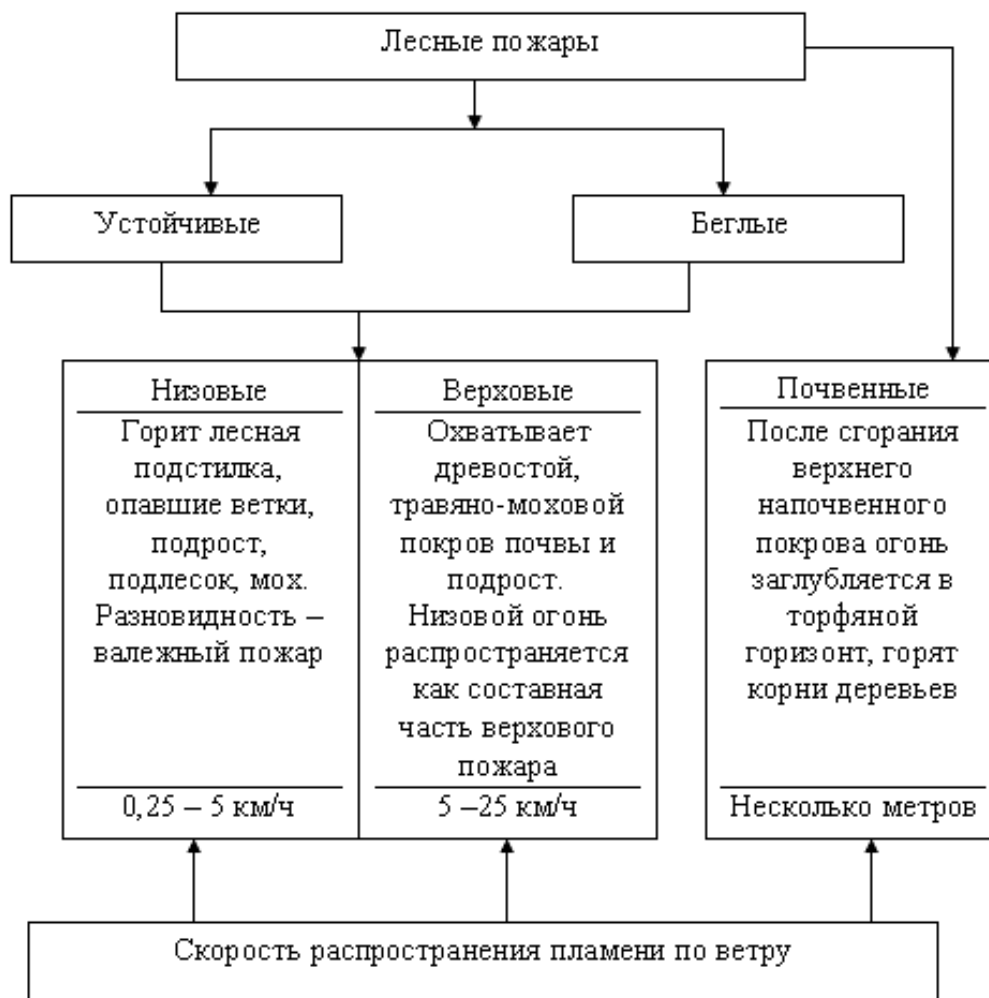


Рис. 37. Виды лесных пожаров

*Верховые лесные пожары* характеризуются сгоранием надпочвенного покрова и полосы древостоя. Эти пожары возникают от низовых как дальнейшая стадия их развития, причем низовой огонь – источник для верхового пожара.

Верховые пожары, как и низовые, имеют ясно выраженную кромку, а при ветре, кроме того, тыл, фланги и фронт. *Кромка пожара* – это полоса горения, окаймляющая внешний контур лесного пожара и непосредственно примыкающая к участкам, не пройденным огнем. Фронт пожара продвигается в виде верхового огня. Кромка верховых пожаров в тыловой части и фланги представляют собой низовой огонь. Скорость распространения верховых пожаров достигает более 25 км/ч. Развиваются они обычно в густых хвойных лесах, когда засуха сопровождается ветром. Верховые пожары, как и низовые, могут быть беглыми и устойчивыми.

*При верховых устойчивых пожарах* огонь движется сплошной стеной от надпочвенного покрова до крон деревьев со скоростью до 8 км/ч, при этом

кроны деревьев сгорают по мере продвижения кромки низового пожара. При таких пожарах образуется большая масса искр и воспламененного материала, летящих перед фронтом огня.

Для *верховых беглых* пожаров характерен отрыв горения по пологую от кромки низового пожара, при этом огонь распространяется со скоростью до 25 км/ч. При верховом беглом пожаре в условиях сильного ветра горят кроны деревьев хвойных пород; огонь распространяется скачками с огромной скоростью, образуя длинные, вытянутые вперед язык пламени; скорость распространения беглого пожара по ветру достигает 8–25 км/ч. При беглых пожарах распространение горения может опережать продвижение кромки низового пожара. Это происходит за счет переноса ветром горячих искр и головней и образование новых очагов горения впереди фронта пожара.

*Подземные (почвенные) лесные пожары* являются дальнейшей стадией развития низового пожара. Такие пожары возникают на участках с мощным слоем подстилки (более 20 см) или с торфяными почвами. Огонь распространяется вглубь почвы обычно у стволов деревьев. Горение происходит медленное, беспламенное. При сгорании корней деревья беспорядочно падают, образуя завалы. Глубина прогорания при сильном подземном пожаре – более 0,5 м, среднем – до 0,5 м и слабом – до 0,25 м.

### **9.2.1. Профилактика и прогноз лесных пожаров**

Профилактика лесных пожаров предусматривает организационные и технические мероприятия, и в первую очередь организацию противопожарных плановых профилактических работ, направленных на предупреждение возникновения, распространения и развития лесных пожаров. Главное – предупредить возникновение пожара.

Для предупреждения лесных пожаров проводятся лесоводческие мероприятия (санитарные рубки, очистка мест рубок леса и др.), а также создание системы противопожарных барьеров в лесу и строительство противопожарных объектов. Лесные пожары можно предупредить, если очистить лес от сухостоя и валежника, устранить подлесок, проложить минерализованные полосы с расстоянием между ними 50–60 м, а надпочвенный покров между ними периодически выжигать.

Для защиты населения и снижения ущерба при массовых пожарах заблаговременно в населенных пунктах устраиваются пруды и водоемы, емкость которых принимается из расчета не менее 30 кубических метров на 1 га площади поселка или населенного пункта.

Для профилактики проводят подготовку технических средств пожаротушения, организуют лесопожарные формирования, службы охраны лесов, создают специальные (чрезвычайные) комиссии по борьбе с лесными пожарами.

Установлена связь частоты и площади пожаров с числом дней без дождя, количеством выпадающих осадков и ветровым режимом [32].

Пожароопасность зависит от количества, характера и состояния горючих материалов, лесного покрова и условий погоды (осадки, ветер). Погода – наиболее изменчивый фактор. Опасность пожара, при всех прочих условиях, возрастает с ростом температуры воздуха или изменением влажности воздуха. Температура и относительная влажность изменяются в течение суток, сезона года, географической широты местности или ее высоты над уровнем моря.

В 1968 г. профессор В. Г. Нестеров [32] предложил судить о дефиците влажности воздуха по разности температуры воздуха и точки росы, выражая дефицит в градусах. Шкала Нестерова для прогнозирования лесных пожаров по показателю горимости лесов введена во всех лесхозах и леспромхозах, базах авиаохраны леса (табл. 37). Комплексный показатель шкалы В. Г. Нестерова (1968) рассчитывают по формуле

$$\Gamma = \sum_i^n (t - \phi) \cdot t$$

где  $\Gamma$  – показатель горимости надпочвенного покрова, °С;  $n$  – число сухих дней (дней с осадками менее 2,5 мм);  $t$  – температура воздуха за 12 ч, °С;  $\phi$  – точка росы, °С. Например:

<i>Дата</i>	<i>Температура воздуха, °С (t)</i>	<i>Точка росы, °С (φ)</i>	<i>t-φ</i>	<i>Комплексный показатель за сутки горимости, °С</i>	<i>Количество осадков за сутки, мм</i>	<i>Показатель горимости леса, °С</i>
20 июня	25	16	9	225	6,0	225
21 июня	25	14	11	275	–	500
22 июня	24	11	13	312	–	812
23 июня	18	14	14	252	9,0	252
24 июня	19	12	7	133	–	385

## Классификация по горимости лесов

Показатель горимости леса (Г)	Класс пожарной опасности
Менее 300	I – отсутствие опасности
301–1000	II – малая опасность
1001–4000	III – средняя опасность
4001–100 000	IV – высокая опасность
Более 100 000	V – чрезвычайная опасность

**9.2.2. Тушение лесных пожаров**

Для населения опасность лесных пожаров проявляется в угрозе как непосредственного воздействия огня на людей, их имущество и окружающую местность, так и продуктов процесса горения – едкого, токсичного дыма. Главный способ борьбы с пожаром – не допустить его возникновения.

Захлестывание кромки пожара – самый простой и вместе с тем достаточно эффективный способ тушения слабых и средних пожаров. Для этого используют пучки ветвей длиной 1–2 м или небольшие деревья, преимущественно лиственных пород. Группа из 3–5 человек за 40–50 мин может погасить захлестыванием кромку пожара протяженностью до 1000 м (рис. 38). В тех случаях, когда захлестывание огня не дает должного эффекта, можно забрасывать кромку пожара рыхлым грунтом. Безусловно, лучше, когда это делается с помощью техники.

Для того чтобы огонь не распространялся дальше, на пути его движения устраивают земляные полосы и широкие канавы. Когда огонь доходит до такого препятствия, он останавливается: ему некуда больше распространяться.

При приближении огня к деревне необходимо эвакуировать основную часть населения, особенно детей, женщин и стариков. Вывод или вывоз людей производят в направлении, перпендикулярном распространению огня. Двигаться следует не только по дорогам, а также вдоль рек и ручьев, а порой и по самой воде. Рот и нос желательно прикрыть мокрой ватно-марлевой повязкой, платком, полотенцем.



Рис. 38. Тушение кромки огня лесного пожара

### 9.3. Торфяные и степные пожары

*Торфяной пожар* – это неконтролируемый процесс дымного горения торфа в местах его образования, добычи и хранения.

*Торф* – молодое геологическое образование, зарождающееся в результате отмирания болотной растительности при избыточном количестве влаги и недостаточном доступе воздуха. Скопление торфа на определенной площади разной мощности называется *торфяной залежью*. В зависимости от рельефа и водно-минералогических условий образования болот различают три типа торфа: *низинный, переходной и верховой*.

Возгорание торфа возможно в течение всего года, но чаще – во второй половине лета, когда он высыхает. Чем выше степень разложения торфа, тем больше он подвержен возгоранию. Происходит возгорание торфа в результате саморазогрева, а также из-за попадания на него искр от источников огня и работающих машин, грозových разрядов и т.д. Процесс самовозгорания торфа происходит при температуре внутри торфяной залежи до 60 °С и выше. Опасность в пожарном отношении представляет и торф, хранящийся в штабелях по месту его добычи. Разогреваясь, торф превращается в сухую перистую массу, которая при соприкосновении с кислородом воздуха возгорается. При этом образуются отдельные скрытые очаги горения. Скорость выгорания торфа в безветренную погоду или при слабом ветре составляет до 0,18 кг/м<sup>2</sup>. Скорость распространения торфяного пожара обычно небольшая – несколько метров в сутки. Они могут длиться месяцами, даже в дождь и

снег. При скорости ветра 3 м/с и выше нередко происходит разбрасывание горящих торфяных частиц по ветру на значительное расстояние, что вызывает распространение пожара. Форма развития торфяного пожара может быть различной, чаще она круговая и угловая и весьма редко прямоугольная.

Торфяной пожар характеризуется высокой температурой в зоне горения и сильной задымленностью.

В развитии торфяного пожара можно выделить три периода.

*Первый*, начальный, – загорание торфа – характеризуется малой площадью очага, небольшой скоростью горения, сравнительно низкой температурой и слабой задымленностью.

*Второй* период – это интенсивное горение и соответственно нарастание скорости и температуры горения.

*Третий* период отличается высокой температурой горения, сильной задымленностью и большой площадью распространения.

Для повышения противопожарной устойчивости торфа территорию добычи и сушки торфа делят на отдельные участки, устраивая между ними противопожарные разрывы. Поля добычи обеспечивают узкоколейными дорогами, проездами для транспортных средств и механизмов, а также проходами для эвакуации людей. Между участками добычи и сушки торфа и прилегающими к ним лесными массивами также устраивают противопожарные разрывы, которые очищают от растительности. Ширина разрывов должна быть не менее 75–100 м. По внутреннему краю разрыва отрывают канал. В жаркие дни противопожарные разрывы периодически увлажняют. На местах складирования и хранения торфа проводят специфические мероприятия, исключающие процесс самовозгорания: торф своевременно вывозят потребителям; охлаждают и уплотняют в штабелях; изолируют очаги саморазогревания от проникновения воздуха; контролируют температуру в штабелях.

На каждом предприятии, добывающем торф, необходимо иметь специальный план противопожарных мероприятий. Организация работ по тушению торфяных пожаров в целом аналогична организации работ по тушению лесных пожаров. Наиболее распространенным способом борьбы с торфяными пожарами является тушение горящего торфа водой с добавлением средств для увеличения смачивания поверхности торфа. Воду подают специальными приспособлениями (торфяными стволами), заглубляемыми в торфяную залежь у кромки горения по всему периметру. Это обеспечивает надежность тушения пожара.

Для локализации очагов пожаров на путях распространения огня устраивают заградительные полосы и канавы. Меры безопасности при тушении торфяных пожаров те же, что и при тушении лесных пожаров,

однако имеются некоторые особенности. При передвижении по торфяному полю следует опасаться провалов в горящий торф, так как пораженный горением торфяной участок часто тлеет только изнутри и не имеет заметных признаков горения снаружи. Поэтому при передвижении необходимо постоянно прощупывать шестом торфяной грунт по направлению движения. Нужно учитывать также возможность неожиданных прорывов огня из подземных очагов торфяного пожара.

При горении торфа и корней растений могут возникать *подземные пожары*, распространяющиеся в разные стороны. Торф может самовозгораться и гореть без доступа воздуха, и даже под водой. Подземный пожар характеризуется беспламенным горением торфа, накоплением большого количества тепла и низкой скоростью. Из-за выгорания торфа под верхним слоем почвы образуются пустоты, опасные возможным провалом людей и техники. Пожар продолжается месяцами, даже зимой под слоем снега. Над горящими торфяниками возможно образование

«столбчатых завихрений», горячей золы и горячей торфяной пыли, которые при сильном ветре могут переноситься на большие расстояния и вызывать новые загорания или ожоги у людей и животных. До 80 % пожаров возникает из-за нарушения населением мер пожарной безопасности при обращении с огнем в местах труда и отдыха, реже – от молний во время грозы. Скорость распространения лесного пожара летом в зависимости от влажности и скорости ветра представлена ниже.



I зона – высокая скорость распространения пожара (6–7 км/ч). Высота пламени – до 50 м. Возникают низовые и верховые пожары.

II зона – средняя скорость распространения пожара (200 м/ч). Высота пламени – 1–2 м.

III зона – небольшая скорость (менее 200 м/ч), пожар может быть



остановлен при встрече с препятствием.

#### 9.4. Рекомендации по защите населения при пожарах

Если вы оказались вблизи очага пожара в лесу и у вас нет возможности своими силами справиться с его локализацией, предотвращением распространения и тушением пожара, немедленно предупредите всех находящихся поблизости людей о необходимости выхода из опасной зоны. Организуйте их выход на дорогу или просеку, широкую поляну, к берегу реки или водоема, в поле. Выходите из опасной зоны быстро, перпендикулярно к направлению движения огня. Если невозможно уйти от пожара, войдите в водоем или накройтесь мокрой одеждой. Выйдя на открытое пространство или поляну, дышите воздухом у поверхности земли, рот и нос при этом прикройте марлевой повязкой или тряпкой. Поражающие факторы пожаров представлены в табл. 38.

#### Поражающие факторы пожара

Таблица 38

<i>Первичные</i>	<i>Вторичные</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>– открытый огонь;</li><li>– высокая температура воздуха;</li><li>– ядовитые газы (токсичные продукты задымления)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– обрушающиеся деревья, падающие сучья, летящие головешки;</li><li>– выгоревшие пустоты при торфяных пожарах;</li><li>– обрушающиеся деревянные опоры линий электропередач и связи;</li><li>– пожары и взрывы на промышленных объектах и в жилых зданиях</li></ul>

Рекомендации по защите населения при пожарах сведены в табл. 39.

Негативное влияние сгорания торфа в результате пожаров не ограничивается пространством болотного массива. Оно охватывает значительные территории, вызывая длительное задымление городов и посёлков, препятствует движению на автострадах, нарушает работу аэропортов. Пожары торфяников загрязняют атмосферу диоксидом углерода и окислами азота. Это обстоятельство является причиной заболевания людей, проживающих за многие километры от очага возгорания.

Таблица 39

#### Рекомендации по защите населения при пожарах

<i>До пожара</i>	<i>Во время пожара</i>	<i>После пожара</i>
– Наблюдение за обстанов-	– Захлестывание кромки по-	Движение после

кой, слежение за сигналами штаба ГО.

– В лесах расчистка просек, уборка битого стекла.

– Запрет в засушливое время разжигать костёр в лесу и на опушке.

– Знание маршрутов эвакуации населения.

– Подготовка запаса продуктов, медицинской аптечки, автономных источников освещения, документов и теплых вещей.

– Подготовка к эвакуации домашних животных.

– В лесу поиск мест укрытия от пожара (овраги, ямы, водоемы).

– При сигнале к эвакуации – сохранение ценных вещей в каменных строениях, в землянках, ямах, погребках

жара пучками ветвей длиной 1-2 м, брезентом, мешковиной.

– Устройство на пути распространения огня широких заградительных полос без растительности.

– Эвакуация из зоны задымления в направлении, перпендикулярном распространению огня.

– Движение из зоны пожара вдоль рек, ручьев, по воде, закрыв рот мокрой ватно-марлевой повязкой (полотенцем, шарфом).

– Пережидание прохождения линии огня в озере, реке, накрывшись мокрой одеждой, на поляне, на пашне, каменистой гряде.

– Дыхание у земли – воздух здесь менее задымлен.

– Подготовка окопа (ямы) с целью укрытия в ней, защитившись курткой от жара

пожара осторожное, с предварительной проверкой глубины выгоревшего слоя.

После прохождения фронта огня движение в направлении, где огонь уже потух.

При ожогах – самопомощь и доврачебная помощь пострадавшим.

Нахождение вдали от больших деревьев – возможно их падение из-за прогоревших корней.

Следование сигналам спасательных команд

Таким образом, почти на 45 % территории России периодически происходят лесные и другие природные пожары, материальный ущерб от них огромен. Пожары – важный природный фактор, и проблема борьбы с ними во многих странах не решена. Для повышения эффективности борьбы нужны научные исследования. Лесная пирология – это наука о природе лесных пожаров и вызываемых ими многообразных изменениях в лесу. Она разрабатывает методы борьбы с лесными пожарами, с их отрицательными последствиями. Существует два аспекта лесопожарной проблемы: а) воспитание у населения бережного отношения к лесу; б) разработка средств и способов обнаружения и ликвидации лесных пожаров. Причины возникновения лесного пожара можно разделить на 2 группы: а) связанные с деятельностью человека; б) не зависящие от деятельности человека.

Лето 2010 г. в России глава Росгидромета А.В. Фролов назвал самым тёплым за 1000 лет. Больше 2-х месяцев на территории европейской части России ежедневно было на 7 градусов выше среднестатистических норм. Отсюда в 17 регионах лесные пожары – стихия, которую почти невозможно

предсказать и избежать. Погибли 50 человек, без крова остались 3,5 тыс. человек. Последствия лесных пожаров можно было смягчить правильной организацией предупреждения их, т.е. наличия достаточного количество современной спецтехники и пенных огнетушителей, а также противопожарных водоёмов, своевременное очищение просек в лесах, устройство противопожарных разрывов и т.д.

## ГЛАВА 10 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ

### 10.1. Основная терминология

*Биологическими опасностями* называются опасности, происходящие от живых объектов.

Биологические опасности могут быть связаны:

- *с растениями* (в табаке содержится ядовитый алкалоид никотин и т.д.);
- *животными* (яд гюрзы смертелен для человека и т.д.);
- *грибами* (яд бледной поганки и т.д.);
- *микроорганизмами* (бактерии и вирусы).

Причиной чрезвычайной ситуации (ЧС) биологического характера может стать стихийное бедствие, крупная авария или катастрофа, разрушение объекта, связанного с исследованиями в области инфекционных заболеваний, а также распространение в стране возбудителей с сопредельных территорий (террористический акт, военные действия).

*Зона биологического заражения* – это территория, в пределах которой распространены (привнесены) биологические средства, опасные для людей, животных и растений.

*Очаг биологического поражения* (ОБП) – это территория, в пределах которой произошло массовое поражение людей, животных или растений. ОБП может образоваться как в зоне биологического заражения, так и за ее границами в результате распространения инфекционных заболеваний.

На одной и той же территории, одновременно могут возникнуть очаги химического, бактериологического и других видов загрязнений. Иногда очаги полностью или частично перекрывают друг друга, отягощая и без того тяжелую обстановку. В этих случаях возникают *очаги комбинированного поражения* (ОКП), внутри которых велики потери населения, затруднено оказание помощи пострадавшим и ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Люди и домашние животные могут заразиться *природноочаговыми* болезнями, попадая на территории, где имеются места обитания переносчиков и возбудителей. К таким заболеваниям относятся чума, клещевой и комариный энцефалит, клещевой сыпной тиф и др. Возбудители этих болезней (рис. 39) существуют в природе в пределах определенной территории вне связи с людьми или домашними животными. Они паразитируют в организме диких животных-хозяев. Передача возбудителей от животного к животному и от животного к

человеку происходит преимущественно через переносчиков – кровососущих насекомых и клещей.

Все инфекционные заболевания подразделяются на 4 группы:

1. Кишечные инфекции.
2. Инфекции дыхательных путей (аэрозольные).
3. Кровяные (трансмиссивные).
4. Инфекции наружных покровов (контактные).

Возбудителями инфекционных заболеваний людей и животных являются болезнетворные бактерии, вирусы, грибки, растения и токсины, носителям которых могут быть насекомые, животные, человек, среда обитания и бактериологическое оружие.

Инфекционные заболевания поражают людей и животных:

- при вдыхании зараженного воздуха;
- употреблении зараженных продуктов питания и воды;
- укусах зараженными насекомыми, клещами, грызунами;
- ранении осколками зараженных предметов или боеприпасов;
- непосредственном общении с больными людьми и животными в зоне ЧС.

Инфекции проникают в организм через кожу, раневые поверхности, слизистые оболочки, в том числе органов дыхания, пищеварительного тракта и т.д.

К биологическим средствам поражения сельскохозяйственных растений относятся:

- возбудители стеблевой ржавчины пшеницы и ржи, желтой ржавчины пшеницы, фитофтороза картофеля и томатов;
- насекомые-переносчики этих возбудителей;
- вредители сельскохозяйственных растений, способные вызвать массовое уничтожение сельскохозяйственных культур.

Биологические средства, как и химические вещества, не оказывают непосредственного воздействия на здания, сооружения и оборудование, однако их применение может сказаться на производственной деятельности предприятий.

## **10.2. Опасные и особо опасные заболевания человека**

*Эпидемия* – это широкое распространение инфекционной болезни, значительно превышающее обычно регистрируемый на данной территории уровень заболеваемости.

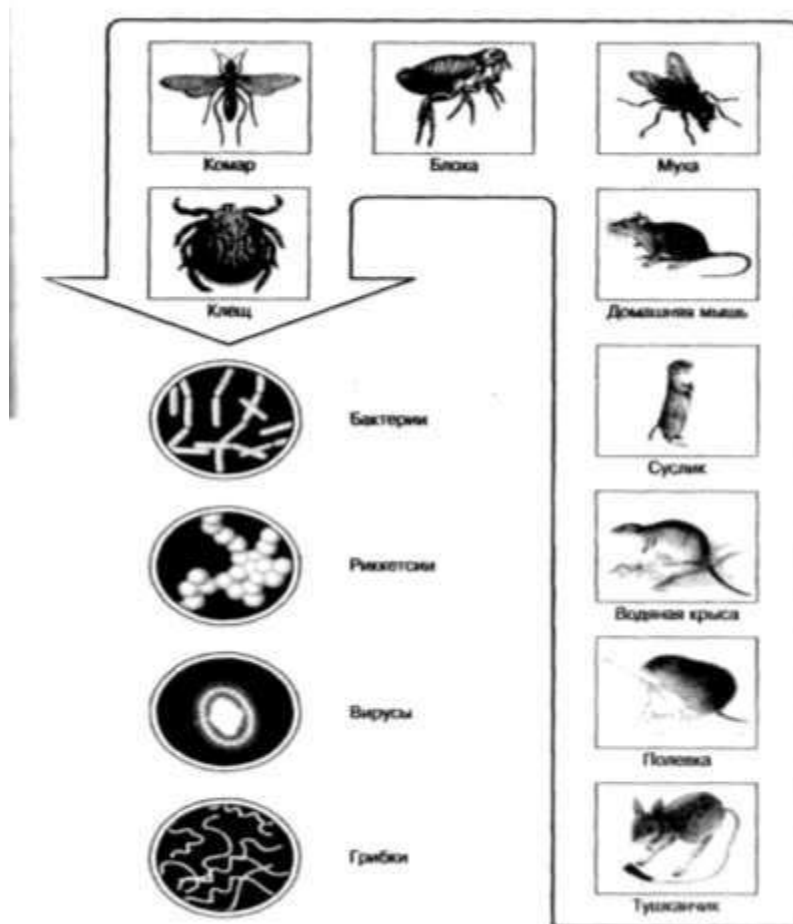


Рис. 39. Переносчики заболеваний

*Пандемия* возникает при распространении инфекционных болезней человека на территории ряда стран или целого континента.

*Эпидемический процесс* – это явление возникновения и распространения инфекционных однородных заболеваний среди людей в течение периода времени. Условиями возникновения и поддержания эпидемического процесса считают наличие источников и путей передачи инфекции, восприимчивость человека к инфекции и ряд социальных факторов.

Источниками инфекций могут быть зараженные люди или животные. Основные пути передачи инфекции: воздушно-капельный, пищевой, водный, контактный и трансмиссивный, т.е. через кровь.

*Восприимчивость человека к инфекции* – это биологическое свойство тканей организма быть оптимальной средой для размножения возбудителя и отвечать на его внедрение инфекционным процессом. Инфекционный процесс протекает в человеческом обществе, поэтому большое значение имеют социальные факторы.

Инфекционные болезни возникают чаще, если:

- уровень санитарной культуры низкий;
- плотность населения высокая;
- нарушаются санитарные правила приготовления и хранения пищи;
- не соблюдаются правила личной гигиены.

Для возбудителей опасных и особо опасных инфекций характерна:

- высокая патогенность (способность вызывать заболевания);
- высокая устойчивость к воздействию внешней среды;
- способность длительно сохранять жизнеспособность и вирулентность (болезнетворные свойства) в воде, продуктах питания, на предметах;
- возможность передаваться от человека к человеку различными путями;
- способность вызывать тяжелые клинические формы болезни, часто сопровождающиеся осложнениями и приводящие к летальному исходу.

Рассмотрим некоторые опасные и особо опасные инфекционные заболевания человека.

**Чума** – острое инфекционное заболевание человека и некоторых животных, вызываемое чумной палочкой. Эту болезнь называли «черной смертью». Если в городе появлялась чума, то на городской стене вывешивался черный флаг, который символизировал то, что приближаться к городу нельзя. Человечеству известны три эпидемии чумы (VI, XIV, XIX вв.). Развивающееся судоходство способствовало миграции крыс и завозу с ними чумы в различные страны. Так, например, в 1347 г. в Европе началась эпидемия бубонной чумы, которая была занесена с кораблей, пришедших из заморских стран. Когда, спустя три года, эпидемия закончилась, оказалось, что она унесла с собой четверть европейского населения – 25 млн жизней.

Клинически чума характеризуется общей резкой интоксикацией, тяжелым поражением сердечно-сосудистой системы и местными проявлениями, которые зависят от места внедрения возбудителя. Формы протекания чумы разные: легочная (поражение легких), бубонная (поражение лимфатических узлов), кожно-бубонная (карбункулы и кожные язвы с поражением лимфатических узлов).

*Карбункул* – это острое гнойное воспаление кожи и подкожной клетчатки, исходящее из волосяных мешочков и сальных желез. *Бубон* – это болезненный увеличенный лимфатический узел. Все формы заболевания чумы без специального лечения быстро приводят к смерти.

Наличие природных очагов чумы в России (прикаспийского, забайкальского и др.), рост международных связей, военные конфликты, миграция населения вынуждают в настоящее время поддерживать



постоянную противоэпидемическую настороженность.

**Холера** – острое инфекционное кишечное заболевание человека, вызываемое холерным вибрионом. Холера относится к числу древнейших болезней человека. До начала XIX в. она была свойственна для районов, расположенных в долине р. Ганг и его притоков. В дальнейшем холера периодически распространялась во многие страны мира, унося миллионы человеческих жизней. В Европу холера была занесена в 1816 г. Всего описано семь опустошительных пандемий холеры. Начало седьмой пандемии относят к 1961 г. Общее число только бактериологически подтвержденных случаев заболеваний, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), к началу 1984 г. превысило 1,3 млн человек.

Клинически выраженная форма заболевания холерой характеризуется внезапным возникновением обильных жидких испражнений и рвоты, приводящей к резкому обезвоживанию и обессоливанию организма, нарушению кровообращения, прекращению мочеотделения, снижению кожной температуры, появлению судорог, цианоза (синеватое окрашивание кожи и слизистых оболочек), к глубокому нарушению обмена веществ и угнетению функции центральной нервной системы вплоть до развития комы. Вероятность летального исхода – 60–80 %. Основной путь распространения холеры – употребление зараженной воды и загрязненной пищи, несоблюдение правил личной гигиены. Распространению инфекции способствуют также мухи.

**Сибирская язва** – заболевание из группы особо опасных инфекций, которому подвержены сельскохозяйственные животные и человек. Возбудитель заболевания – сибиреязвенная палочка. Вегетативная форма палочки устойчива к неблагоприятным условиям среды обитания, но быстро погибает при нагревании (при кипячении – моментально) и под действием дезинфицирующих средств. Споры, образующиеся вне организма, чрезвычайно устойчивы к любому воздействию, они сохраняют жизнеспособность десятки лет. Источником инфекции являются домашние травоядные животные: овцы, козы, коровы. Сибиреязвенная палочка выделяется с мочой, испражнениями и слюной животных. Заражение человека возможно при контакте с больными животными, с зараженной почвой, при обработке сибиреязвенного животного сырья, через готовую продукцию из кожи, меха и воздушным путем. Риску заражения подвергаются работники сельского хозяйства, фермеры, ветеринары; возможны случаи заболевания среди путешественников и туристов. Сибирская язва у человека может протекать в кожной, легочной и

кишечной формах. Инкубационный период длится обычно от 2 до 5 дней. Начало заболевания *легочной формой* напоминает ОРВИ, но через 3–5 дней (развивается острая дыхательная недостаточность, которая приводит к шоку и смерти больного). При *кожной форме* заболевания вначале появляются кожный зуд и сыпь. Через 2–6 дней сыпь превращается в пузырьки, затем ткани омертвывают, образуется черный струп, окруженный отеком и вторичными мелкими пузырьками. Возможен сепсис (общее заражение крови).

При развитии *кишечной формы* характерны режущие боли в животе, рвота с примесью крови, значительное вздутие кишечника, частый жидкий стул с примесью крови, выражена резкая интоксикация организма, возможно развитие синдрома «острый живот». Вероятность летального исхода – 100 %. Впервые метод прививок от сибирской язвы предложил французский микробиолог Луи Пастер. Заболевание сибирской язвой людей наблюдается практически во всех странах мира. В прошлом сибирская язва относилась к числу наиболее распространенных инфекционных заболеваний. В настоящее время это заболевание распространено в экономически отсталых странах. В развитых странах болезнь встречается в виде отдельных случаев, связанных в основном с обработкой привозного сырья животного происхождения.

***Оспа натуральная*** – тяжелая острозаразная болезнь человека. В памятниках древней письменности описаны страшные эпидемии оспы, носившие опустошительный характер. В XVII–XVIII вв. в Европе ежегодно болели оспой 10 млн человек, около 1,5 млн из них умирали. Возбудитель оспы – особый вид фильтрующегося вируса. Он паразитирует внутриклеточно, но содержится также в гнойничках и оспенных корочках. Единственный источник инфекции – больной человек. Больные заразны для окружающих в течение всего периода заболевания вплоть до отторжения корочек. Инфекция передается чаще всего воздушно-капельным путём. Восприимчивость к оспе ранее не болевших и не привитых людей является всеобщей. Перенесенное заболевание оставляет прочный пожизненный иммунитет.

Симптомы: озноб, высокая температура, головная боль, головокружение, рвота, потеря аппетита, запор; характерны боли в пояснице и в крестце; возможны потеря сознания, бред, одышка.

В 1980 г. на XXXIII сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения было объявлено о ликвидации этой опасной инфекции на Земле. Однако вследствие существования так называемой «обезьяньей оспы», которая среди неиммунизированного населения может привести к вспышке оспы у людей, проблема не может быть полностью закрыта.

**Вирусные гепатиты.** Гепатит – острое инфекционное заболевание с преимущественным поражением печени. К настоящему времени изучено пять форм гепатитов: А, В, С, D (дельта-гепатит), Е. Заболеваемость гепатитами повсеместно остается довольно высокой. При резком ухудшении санитарных и бытовых условий, особенно при возникновении ЧС, заболеваемость гепатита принимает эпидемический характер.

**Вирусный гепатит А**, или болезнь Боткина (инфекционный). Возбудитель – вирус гепатита А (ВГА), довольно устойчивый к неблагоприятным условиям внешней среды. Источник инфекции – больной человек, он заразен с конца инкубационного периода. Механизм передачи инфекции – водно-пищевой. Восприимчивость людей к этому вирусу высокая, особенно у детей от 2 до 10 лет. Симптомы заболевания: внезапность, лихорадка, общая слабость. Больного беспокоят отсутствие аппетита, тошнота, боли в животе.

**Вирусный гепатит В** (сывороточный). Возбудитель – вирус гепатита В (ВГВ), довольно устойчивый во внешней среде. Источник инфекции – больной человек, заражение происходит при непосредственном попадании вируса в кровь при инъекциях или через слизистые оболочки, поврежденную кожу. Начало заболевания постепенное, аппетит понижен, температура нормальная или слегка повышена, боли в животе, тошнота, иногда болезненность суставов, через несколько дней, как и при гепатите А, развивается желтуха.

**Клещевой энцефалит** – острое инфекционное заболевание головного мозга. Возбудитель – фильтрующийся вирус. Переносчиками вируса в природе являются пастбищные и лесные клещи. Носители вируса: бурундуки, мышевидные грызуны, кроты, ежи, некоторые виды птиц (овсянки, рябчики, дрозды, поползни др.). Вирус попадает в кровь человека со слюной зараженного клеща при укусе. Инкубационный период длится 10–14 дней. Клещевой энцефалит, обусловленный активностью клещей, имеет ярко выраженный сезонный характер – с ранней весны (первые укусы могут появиться уже с первыми теплыми днями апреля до середины лета, а иногда и до глубокой осени, вплоть до конца ноября). Чаще всего заболевание начинается внезапно: появляется сильная головная боль, температура тела повышается до 39–40 °С, возникают тошнота, рвота. Основное средство лечения клещевого энцефалита – противоэнцефалитный гамма-глобулин, желательно человеческий, с высоким содержанием (титром) антител.

**Сыпной тиф** – острое инфекционное заболевание, возбудителями которого являются риккетсии Провачека. Источник инфекции – больной человек, передатчик – платяная вошь. Инфицирование происходит при

попадании экскрементов раздавленных вшей в место укуса или при вдыхании пыли, содержащей экскременты зараженных вшей. Заболевание регистрируется в эндемических очагах, в регионах с прохладным климатом, в завшивленных группах населения. После 1-2-недельного инкубационного периода у больного внезапно повышается температура, появляется озноб, головная боль, состояние полной физической и нервно-психической расслабленности, возможен бред. Через 5–6 дней на коже туловища и конечностей появляется сыпь. Вероятность летального исхода – 40 %.

Сыпной тиф распространен на всех континентах, за исключением Австралии. В России болезнь появилась около 800 лет назад и всегда сопровождала народные бедствия – голод, войны и т.д. Например, в 1918–1922 гг. в нашей стране переболело сыпным тифом около 20 млн человек.

**Брюшной тиф** – острое инфекционное заболевание, которому подвержен только человек. Возбудитель заболевания – брюшнотифозная палочка, которая умеренно устойчива к неблагоприятным условиям внешней среды, но мгновенно погибает при кипячении. Источник инфекции – больной человек-бактериовыделитель, или бактерионоситель. Возбудитель передается через загрязненные фекалиями продукты и воду. Средняя длительность инкубационного периода составляет 14 дней. Заболевание начинается, как правило, постепенно. Температура медленно поднимается, 2–3 недели держится высокой, затем медленно снижается. Больного беспокоят носовые кровотечения, головная боль, отсутствие аппетита, боли в животе, жидкий стул. На коже туловища появляются розовые пятна. Возможны состояния резкой угнетенности, полной неподвижности, бред со зрительными галлюцинациями. Осложнения: кишечные кровотечения, прободение (прорыв) кишечника, воспаление легких. Брюшной тиф в XIX – начале XX вв. являлся одной из наиболее распространенных и тяжелых инфекционных болезней во всех странах мира, особенно в городах, в связи с их бурным ростом, скученностью населения и низким санитарно-гигиеническим уровнем. Почти каждое стихийное бедствие (неурожаи, голод, землетрясения), а также войны сопровождались эпидемиями брюшного тифа.

Патогенные микроорганизмы передаются через внешнюю среду следующими путями:

- водным – употребление зараженной воды, мытье ею фруктов и овощей, мытье посуды, умывание и купание в бактериально загрязненных водоемах и т.д.;
- алиментарным – употребление в пищу зараженных пищевых

продуктов;

- аэрогенным – вдыхание воздуха, содержащего частицы пыли или аэрозоля, которые содержат патогенные микроорганизмы;
- трансмиссионным – посредством насекомых (комары, вши, клещи и т.д.);
- контактным – посредством прямого контакта с больным или же с предметами, с которыми он соприкасался.

Для предотвращения распространения заболевания за границы биологического очага осуществляют комплекс лечебно-профилактических мероприятий и устанавливают карантин.

*Карантин* – система временных организационных, режимноограничительных, административно-хозяйственных, санитарногигиенических, противоэпидемических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на предупреждение распространения инфекционной болезни и обеспечение полной изоляции эпидемического очага, зоны биологического заражения и последующую полную ликвидацию последствий заражения. На внешних границах зоны карантина устанавливается вооруженная охрана, регулируется движение транспорта и перемещение людей. Население разобщается на мелкие группы, контакты между которыми сводятся до минимума. Не разрешается без крайней необходимости выходить из квартир и домов. Продукты питания, вода и предметы первой необходимости доставляются специальными командами. Запрещается вывод животных и вывоз имущества. Вход и въезд может быть разрешен только специальным формированиям гражданской обороны и медперсоналу для оказания помощи по ликвидации последствий ЧС. В зоне карантина прекращается работа учебных заведений, развлекательных учреждений и торговых точек.

В тех случаях, когда установленный вид возбудителя не относится к группе особо опасных инфекций и нет угрозы массовых заболеваний, введенный карантин заменяется обсервацией.

*Обсервация* – система мер, предусматривающая санитарногигиенические, лечебно-профилактические, административно-хозяйственные мероприятия по наблюдению за изолированными здоровыми людьми, которые имели контакт с больными из зоны карантина и выезжающими из этой зоны.

В зоне обсервации проводятся следующие режимные мероприятия:

- максимально ограничивается въезд и выезд, а также вывоз имущества без предварительного обеззараживания и разрешения эпидемиологов;
- усиливается медицинский контроль питания и водоснабжения;
- ограничивается движение по зараженной территории,

нормируется общение между отдельными группами людей и др.

В зоне обсервации и карантина с самого начала их образования проводятся специальные мероприятия по обеззараживанию, уничтожению насекомых и грызунов, дезинфекция, дезинсекция и дератизация.

*Дезинфекция* – уничтожение на объектах внешней среды возбудителей инфекционных заболеваний. Дезинфекция основана на применении физических средств и способов уничтожения или удаления болезнетворных микроорганизмов. К физическим факторам дезинфекции относятся: высокая температура, вода, ультрафиолетовые лучи, прямые солнечные лучи и др. Самые распространенные дезинфицирующие средства: хлорная известь, хлорамин, перекись водорода, формальдегид. Для обработки рук применяется 0,5 %-й раствор хлорамина, для обеззараживания выделений инфекционных больных – 5 %-й раствор.

Своевременное удаление мусора и отходов предупреждает появление и распространение возбудителей инфекционных заболеваний и их переносчиков.

### **10.3. Особо опасные болезни животных и растений**

#### **Болезни животных**

*Особо опасные инфекционные болезни животных* – заболевания, для которых свойственно наличие специфического возбудителя, цикличность его развития, способность передаваться от зараженного животного к здоровому и принимать характер эпизоотии.

По широте распространения эпизоотический процесс встречается в трех формах: *спорадическая заболеваемость, эпизоотия, панзоотия*.

*Спорадия* – самая низкая степень интенсивности эпизоотического процесса.

*Эпизоотия* – это средняя степень интенсивности распространения инфекционных болезней животных в хозяйстве, районе, области, стране.

*Панзоотия* – высшая степень развития эпизоотии, характеризуется необычайно широким распространением инфекционной болезни, охватывающей государство, несколько стран, материк. Примером такой панзоотии является массовое заболевание крупного рогатого скота губчатым энцефалитом в Англии. Для того чтобы инфекция не перекинулась на европейский континент, были уничтожены сотни тысяч животных; стране нанесен огромный материальный ущерб.

*Ящур* – высокозаразная, остро протекающая вирусная болезнь парнокопытных домашних и диких животных. Симптомы: лихорадка и

язвенные поражения слизистой оболочки ротовой полости, кожи, вымени и конечностей. Наиболее восприимчивы к ящуру крупный рогатый скот и свиньи. Источники возбудителя – больные животные и вирусоносители. Они выделяют вирус со слюной, молоком, мочой и калом. Большое значение в распространении вируса ящура имеет человек. После контактов с животными он может перемещаться на большие расстояния, разнося при этом вирус.

**Классическая чума свиней** – инфекционная, заразная вирусная болезнь домашних и диких свиней всех возрастов и пород. Более всего восприимчивы к вирусу высокопородные животные. Основной источник возбудителя инфекции – больные животные и вирусоносители. Заражение происходит при их совместном содержании со здоровыми животными, а также при скармливании инфицированных кормов. Чума может возникнуть в любое время года, но чаще осенью, во время массовых перемещений, убоя и продажи свиней. Смертность животных достигает 100 %. Специфического лечения нет, заболевших животных немедленно убивают, а трупы сжигают.

**Псевдоочума птиц** – высоко заразная вирусная болезнь птиц отряда куриных, поражающая органы дыхания и пищеварения, центральной нервной системы. Источник возбудителя инфекции — больные и переболевшие птицы, выделяющие вирус со всеми секретами, экскретами, яйцами и выдыхаемым воздухом. Заражение происходит через корм, воду, воздух при совместном содержании здоровых и больных птиц. Заболеваемость – до 100 %, летальность – 60–90 %. Специфического лечения пока не разработано. Заболевших птиц убивают и сжигают, а на хозяйство накладывают карантин.

### **Болезни растений**

*Особо опасные болезни растений* – это нарушение нормального обмена веществ растения под влиянием фитопатогена либо неблагоприятных условий среды, приводящее к снижению продуктивности растений и ухудшению качества семян (плодов) или к полной их гибели.

**Эпифитотия** – это распространение инфекционных болезней растений на значительные территории в течение определенного времени. Эпифитотии могут вызываться грибами, фитофторами, спорыньей и др. Наиболее вредоносные эпифитотии отмечаются в годы с мягкой зимой, теплой весной и влажным прохладным летом. Урожай зерна часто снижается до 50 %, в годы с благоприятными для гриба (фитофторы, спорынья) условиями недобор урожая может достигать 90–100 %.

**Фитофтороз картофеля** – широко распространенное

вредоносное заболевание, приводящее к недобору урожая из-за преждевременной гибели пораженной ботвы в период образования клубней и массового их гниения в земле. Возбудитель фитофтороза – гриб, который в течение зимы сохраняется в клубнях. Он поражает все наземные органы растений. Заболевание выявляется, как правило, во второй половине лета. Потери урожая достигают 15–20 % и более.

**Желтая ржавчина пшеницы** – вредоносное распространенное грибковое заболевание, кроме пшеницы поражающее ячмень, рожь и другие виды злаков. В основном заражение происходит при наличии влаги и температуре +10...+20 °С; в районах с сухим и жарким климатом это заболевание встречается очень редко.

**Стеблевая ржавчина пшеницы и ржи** – наиболее вредоносное и распространенное заболевание хлебных злаков, чаще всего поражающее пшеницу и рожь. Возбудитель заболевания – гриб, уничтожающий стебли и листья растений, обладает высокой плодовитостью, поэтому заболевание распространяется очень быстро, за короткое время поражая большие площади посевов. Наиболее опасные очаги стеблевой ржавчины пшеницы и ржи находятся на Кубани и в Ставропольском крае.



# Глава 11

## СТРАТЕГИЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКА ОТ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

### 11.1. Общая оценка и прогноз природного риска в России и в мире

Целью применения мер защиты (критерием приемлемости уровня природного риска) является минимизация суммы затрат на защиту и снижение вероятного размера ущерба (табл. 41).

Практика защиты от природных опасностей в России развивалась от применения отдельных мер до попыток системного управления риском. Были разработаны теория и методика районной планировки, серия нормативных документов и методических пособий по защите от ЧС природного характера.

В целом в 80-х годах XX столетия уже наметились контуры единой системы (табл. 41) управления природными рисками. Она включала:

- оптимальное размещение проектируемых объектов при составлении схем районной планировки и генплана (меры типов 1,2);
- введение мер снижения риска для существующих территориальных комплексов населения и хозяйства с обоснованием этих мер в виде схем инженерной защиты территорий городов, промышленных предприятий и т.п., а также территориальных комплексных схем охраны природы (меры типов 3, 5, 6, 8, 14);
- для отдельных объектов, существующих или проектируемых в опасных зонах, – введение отвечающих нормативам мер снижения риска на этапах проектирования или оперативного обслуживания (меры типа 10 и др.);
- на случай неизбежных ЧС – заблаговременная подготовка оптимального реагирования на них (меры типа 7).

#### Типы мер снижения природного риска

Таблица 41

О Р Г А Н И З А Ц И О Н Н Ы Е	
<i>Планируемые</i>	<i>Оперативные</i>
<i>Меры снижения подверженности объектов опасным воздействиям</i>	
1. Общее ограничение использования регионов с высоким риском. 2. Размещение конкретных объектов на участках, где минимален риск, в том числе и от этих объектов	5. Активное подавление эпизодически возникающих очагов опасности/ 6. Выбор способов текущих действий, минимизирующих: 6.1 столкновение с опасностями; 6.2 усиление опасных процессов
<i>Меры снижения чувствительности объектов к опасным воздействиям</i>	

3. Исключение из территориального комплекса населения и хозяйства таких объектов, повреждение которых ведет к недопустимо большому ущербу. 4. Дублирование жизненно важных элементов ТКНХ, резервирование земель и других природных ресурсов на случаи переселения людей из зон тяжелых катастроф	7. Снижение потерь от катастроф путем выполнения подготовительных, аварийно-спасательных и восстановительных работ: 7.1 создание служб оповещения и быстрого реагирования на ЧС; 7.2 поддержание в ТКНХ, отвечающих уровню риска, запасов продовольствия, топлива, медикаментов и т.п.; 7.3 организация страхования жизни и имущества
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
<i>Меры снижения подверженности объектов опасным воздействиям</i>	
8. Строительство инженерных защитных сооружений: 8.1 ограничивающих распространение или интенсивность поражающего воздействия; 8.2 обеспечивающих укрытие в случае опасности. 9. Введение технических средств для локализации аварии	11. Отказ от использования слишком опасных технологии, аппаратов, веществ. 12. Ограничение технологических температур, давлений, объемов опасных веществ. 13. Изоляция опасных отходов

Окончание табл. 41

### Типы мер снижения природного риска

<b>О Р Г А Н И З А Ц И О Н Н Ы Е</b>	
<i>Меры снижения чувствительности объектов к опасным воздействиям</i>	
10. Применение особых конструктивных решений для зданий, механизмов и пр., попадающих в опасные условия: 10.1 упрочнение скелета или оболочек зданий; 10.2 дублирование важных элементов этих объектов; 10.3 использование специальных конструкционных материалов; 10.4 использование легковосстановимых конструкций	14. Предусмотрение в технологических схемах производств возможности коррекции режима работы к режиму предвидимых опасностей

Информация анализируется применительно к конкретной местности с учетом специфики ее хозяйственного освоения, с применением геоинформационных систем, создаваемых по специальным алгоритмам и трёх типов картографических информационных слоёв: *опасностей, уязвимости и риска.*

Различия источников природных опасностей, особенности реципиентов риска (подверженных риску объектов и групп населения) требуют составления карт природных рисков нескольких типов (Осипов, 2009). По степени охвата источников риска карты могут быть дифференцированными и интегральными (комплексными). Первые характеризуют условия, поражающие параметры и возможный ущерб от какой-то одной природной

опасности, вторые – суммарный эффект от нескольких из них на данной территории, как правило, за год.

Различают карты *социального, экономического и экологического* рисков.

Карты *социального* риска характеризуют распределение вероятностей гибели, ранения, утраты здоровья для отдельного человека (индивидуальный риск) или группы (например, жителей какого-то города), находящихся в зоне возможного поражения в течение года.

Карты *экономического* риска позволяет установить возможные потери для объектов техносферы в денежном выражении;

Карты *экологического* риска возможные потери для природы (биологических видов, популяций, сообществ живых организмов).

При изучении риска и принятии управленческих решений на разных уровнях власти необходимы карты разной степени детальности и информативности: на федеральном уровне могут понадобиться карты обзорного и мелкого масштабов, на муниципальном уровне и на уровне отдельных объектов – средние крупномасштабные карты.

Карты природного риска составляются разных масштабных уровней:

- глобального,
- федерального,
- регионального,
- территориального,
- объектового.

Пример – карта федерального уровня сейсмического индивидуального риска, составленная ВНИИ ГО ЧС МЧС РФ, Центром исследования экстремальных ситуаций и Институтом геоэкологии РАН.

Следует отметить, что в научной и справочной литературе нет общепринятого понятия риска. Примем следующее системное определение: *риск* – вероятность возникновения события с поражающими факторами или риск – как возможная величина потерь. Заблаговременное предвидение риска и принятие мер по его снижению называется *управлением риском*.

Одним из путей управления природным риском является комплексный анализ причин и факторов его возникновения. Прежде всего необходимо изучить природу тех или иных явлений и процессов в лито-, атмо-, гидросферах, знать их классификацию и возможное прогнозирование их частоты и последствий, а также меры по смягчению последствий.

Отмечается [19], что основным недостатком существующих подходов к управлению рисками катастрофы является отсутствие теоретической базы и общих принципов построения моделей опасных природных явлений.

Причинами роста подверженности новых объектов опасным природным воздействиям оказываются также ошибки и просчеты в проектах, строительные дефекты, запаздывание с введением плановых мер снижения риска. Средства, выделявшиеся на строительство инженерных защитных сооружений, используются, как правило, не полностью. Более глубокие причины роста числа ЧС можно усмотреть в организационных недостатках системы управления риском.

Нельзя считать, что мы беззащитны перед лицом стихийных бедствий. Наши знания и опыт позволяют надеяться на своевременное предупреждение грядущих катастроф и смягчение их последствий. Международный опыт показывает, что затраты на прогнозирование и подготовку к природным бедствиям в среднем в 15 раз меньше предотвращенного ущерба [19].

За прошедшее время в России усилиями отдельных организаций, творческих коллективов и специалистов, были разработаны основные положения теории и методики количественной оценки природных рисков. Были предложены вероятностно-детерминированные методы прогнозирования, позволяющие установить зоны возможного поражения, разрушительную силу (интенсивность), вероятность реализации опасных природных процессов, а также их негативные последствия. Сформулирована концепция допустимого (приемлемого) уровня природного риска, которая является основой для принятия научно обоснованных (а не волевых) управленческих решений по уменьшению потерь от природных опасностей на федеральном, региональном и локальном уровнях. Составлены первые в мире карты природного риска отдельных регионов, городов и России в целом.

Одновременно формировалась правовая и нормативно-методическая база анализа риска. В настоящее время МЧС РФ и РАН активно разрабатывают концепцию новой государственной политики в области обеспечения национальной безопасности и устойчивого развития России с использованием показателей стратегических рисков, в число которых входят и природные риски.

Регулярно стали проводиться научно-технические конференции по проблемам риска. Так, 26–27 марта 2003 г. в Москве в Федеральном центре науки и высоких технологий ВНИИГОЧС прошла 5-я Всероссийская конференция «Оценка и управление природными рисками».

Все большее число правительств и международных организаций рассматривают снижение риска как единственно верное решение проблемы уменьшения воздействия стихийных бедствий на общество и окружающую среду. Стратегии по снижению риска включают:

- картографирование уязвимых территорий;
- определение районов, безопасных для заселения и развития;
- принятие строительных норм и правил, составляющих основу проектирования, с учётом возможных последствий стихийных бедствий и оценок опасности риска в данном месте;
- обеспечение выполнения планов по снижению рисков и соблюдения правил с помощью экономических и прочих стимулов.

Генеральная Ассамблея ООН выработала «Международную стратегию по снижению последствий стихийных бедствий», включив проблему предупреждения рисков в программу устойчивого развития. Учтены опыт и достижения Международного десятилетия снижения последствий стихийных бедствий (1990–2000 гг.). Имеются положительные результаты в работе конференций «Йокогамская стратегия и план действий за безопасный мир» (1994 г.) и «Безопасный мир в XXI в., стихийные бедствия и снижение

риска» (1999 г.). Все они отражают отраслевой и междисциплинарный подход к борьбе с последствиями стихийных бедствий.

Для решения первой стратегии по снижению и управлению природными рисками является разработка унифицированных методик составления карт природных опасностей и рисков с учетом техногенного фактора. Такая методика позволила бы составлять карты риска для отдельных территорий и субъектов РФ, а карты могли бы служить региональными нормативными документами, с учётом которых органы управления принимают решение по использованию территорий и проведению мероприятий по управлению рисками. Важным элементом оценки риска является определение уязвимости отдельных территорий по отношению к тем или иным природным опасностям. Информация анализируется применительно к конкретным условиям местности с учётом специфики её хозяйственного освоения, с применением геоинформационных систем, создаваемых по специальным алгоритмам, и трёх типов картографических информационных слоёв: опасностей, уязвимости и риска. Различают карты *социального, экономического и экологического* рисков.

Карты *социального риска* характеризуют распределение вероятностей гибели, ранения, утраты здоровья для отдельного человека (индивидуальный риск) или группы (жителей поселения), находящихся в зоне возможного поражения в течение года.

Оценка *экономического риска* позволяет установить возможные потери для объектов техносферы в денежном выражении, а *экологического* – возможные потери для природы (видов, популяций, сообществ живых организмов).

Карты природного риска составляются разного масштаба: от крупномасштабных до мелкомасштабных. Например, мелкомасштабная карта федерального уровня сейсмического индивидуального риска для территории России составлена ВНИИ ГО ЧС МЧС РФ, центром исследований экстремальных ситуаций и Институтом геоэкологии РАН.

Составление карт природных рисков и установление на законодательной основе допустимого риска позволяет управлять природными опасными процессами и минимизировать их последствия. Снизить такие риски можно, разрабатывая меры регулирования природных опасностей, а также уязвимость социальных и материальных сфер. К их числу относятся:

- управления природными опасностями;
- упорядочение хозяйственной деятельности и рациональное использование территорий;
- превентивные меры;
- создание системы предупреждения и экстренного реагирования;
- принятие своевременных управленческих решений;
- страхование от природных рисков.

**Управление природными опасностями** основано с применением разных методов и технических средств, хотя многие природные опасности (землетрясения, извержение вулканов, изменение климата) человеку не поддаются управлению.

**Упорядочение хозяйственной деятельности** и рациональное использование территорий является наиболее эффективным способом снижения рисков природных катастроф. Различные участки территорий будут подвержены различным природным опасностям в силу разнообразия их геоморфологического, геологического, гидрогеологического строения. Поэтому для снижения уязвимости и повышения безопасности надо использовать карты инженерно-геологического районирования территории и грамотно выбирать участки для размещения населённых пунктов, промышленных и гражданских объектов и т.д.

**Превентивные меры** направлены на использование инженерных мероприятий, направленные на повышение устойчивости территорий и защиту самих сооружений: защитные стенки, дамбы, дренажные системы, усиление конструкций зданий и т.д. Так, в Нидерландах дамбы протяжённостью в десятки километров защищают от наводнения почти 50 % территории страны, где проживает около 60 % населения.

**Создание системы предупреждения и экстренного реагирования** – важное звено управления природной безопасностью. Она включает средства мониторинга, оперативной обработки и передачи информации и оповещения населения о назревающей опасности. В России система наблюдений за природными процессами включает несколько служб мониторинга, осуществляемые разными ведомствами. Самая крупная служба мониторинга у Росгидромета: 1500 тыс. станций и более 2000 постов по территории России. Сейсмические наблюдения на трёх уровнях – телесеismicком (спутниковым), региональном и локальном – ведут 200 станций, принадлежащих РАН, Минобороны, МЧС, Росатому и другим ведомствам. В стране разработана концепция Государственного геологического мониторинга, включающего 3 подсистемы: мониторинг экзогенных и эндогенных геологических процессов, мониторинг подземных вод. На основе информации о грозящей опасности, поступающей со станции мониторинга, проводится срочное оповещение населения с использованием всех доступных средств массовой информации и гражданской обороны. Одновременно проводятся мероприятия экстренного реагирования: переселение людей в безопасное место, отключение энергои газоснабжения, мобилизация специальных подразделений, в том числе армейских на проведение спасательных и восстановительных работ. Немаловажно для смягчения последствий иметь элементарные знания о природных опасностях, особенностях их проявления и воздействия населению, проживающему на той или иной территории России.

**Принятие своевременных управленческих решений** должны быть на правительственном уровне. Эти решения могут быть трёх типов: *стратегические, превентивные и чрезвычайные.*

К *стратегическим* относятся решения, принимаемые на государственном уровне для устойчивого развития региона (разработка программ размещения производительных сил, регулирование потоков переселенцев, распределение спасательных средств по стране с учётом природных рисков; создание необходимого государственного резерва

продуктов питания и средств жизнеобеспечения). Важен вопрос о инвестировании и налогообложении в регионах с учётом необходимости затрат на борьбу с природными опасностями.

К *превентивным* относятся решения, которые определяют меры, реализуемые в короткие сроки (обычно месяцы) на основании долгой среднесрочных прогнозов о приближающейся опасности. Они включают мероприятия по защите наиболее важных для жизнеобеспечения населения зданий и сооружений (школ, больниц, предприятий энергетики, связи), строительство специальных укрытий, создание системы оповещения в реальном режиме времени, подготовку лиц и специальных команд для ликвидации последствий катастрофы и оказания санитарномедицинской помощи, создание резервов продуктов питания и предметов первой необходимости и т.д.

К *чрезвычайным* относятся решения, которые принимаются на основе краткосрочных прогнозов и оперативной информации о предвестниках опасных явлений. Они касаются срочного оповещения населения, частичной или полной эвакуации, принятия экстренных мер по минимизации возможного ущерба, мобилизации специальных подразделений для работы в чрезвычайных ситуациях.

Таким образом, при управлении природными рисками для обеспечения безопасности регионов важно принятие законодательных решений о величине допустимого риска и информирование населения о тех или иных природных рисках, развитых на данной территории.

## **11.2. Управление природными рисками**

Проблема изучения и прогнозирования опасных природных процессов приобрела в настоящее время первостепенное значение, что связано с резким обострением экологической обстановки в целом ряде регионов, происходящим на общем фоне деградации окружающей среды. В последние десятилетия заметно возросли повторяемость и масштабы природных и антропогенных катастроф. Согласно статистике число пострадавших от негативных природных явлений увеличивается ежегодно примерно на 6 % (Осипов, 1995). Этот восходящий тренд объясняется в первую очередь ростом численности населения земного шара, концентрацией людских и материально-технических ресурсов в городских агломерациях, освоением новыми сферами производства, транспортными путями, нефти газопроводами территорий, подверженных стихийным бедствиям, строительством сложных, крупных, потенциально опасных объектов (атомные электростанции, плотины водохранилищ, хранилища горючих и вредных веществ, химические предприятия и др.). В основу современной международной стратегии спасения человечества от природных катастроф положены прогнозирование и своевременное предупреждение людей о грозящих бедствиях, поскольку затраты на них многократно ниже, по сравнению с величиной предотвращенного ущерба (Осипов, 1995). В связи с этим в рамках общих федеральных мероприятий, нацеленных на борьбу с геоэкологическими катастрофами и бедствиями, важное значение

приобретает районирование территории России по характеру и степени природных, в том числе геологических опасностей.

Кроме того, все процессы по их происхождению подразделяются на природные, техногенные и природно-техногенные (природные, техногенно возбужденные) В таблице 1 приведена генетическая классификация опасных природных процессов экзогенных и эндогенных, составленная в основном на базе имеющихся инженерно-геологических классификаций В.Д. Ломтадзе, И.В.Попова, Ф.П. Саваренского, А.И. Шеко и др., ориентированная на разработку легенды к картам геологических опасностей масштаба 1:1 000 000.

Приводится характеристика природных условий территории России.К ним относятся:

- тектонические условия (геоструктурная позиция, неотектонический режим, сейсмичность);
- геоморфологические условия (с характеристикой морфометрических параметров морфоструктур);
- геолого-литологические условия (генезис, состав отложений и пород четвертичного и дочетвертичного субстрата),
- климатические условия (включающие характеристику степени увлажненности);
- геокриологические условия (распространение многолетнемерзлых пород).

Результирующие информационным слоем карты является схема районирования по интегральной оценке степени геологических опасностей масштаба 1:2 500 000.

Карта геологических опасностей может быть использована для разработки рекомендацией общего характера по рациональному природопользованию, включая промышленное освоение территории, в том числе разведку и эксплуатацию месторождений минерального сырья, а также для планирования изучения опасных природных процессов и проведения защитных мероприятий по предупреждению их последствий.

Под геологической опасностью понимается возможность (угроза) проявления геологических процессов, способных поражать людей, наносить материальный ущерб, разрушительно действовать на окружающую человека среду.

Риск – вероятность ущерба; ожидаемые экономические, социальные и экологические последствия от проявления опасных процессов, оцениваемые по отношению к конкретным объектам (Шеко, Круподеров, 1994).

Геологические процессы подразделяются на взаимодействующие и взаимообусловленные эндогенные и экзогенные.

К первым из них, связанным с глубинными факторами, относятся неотектонические процессы, землетрясения и вулканизм. Неотектонические движения, наиболее активно проявляющиеся в горных регионах, опосредовано через рельеф, в значительной мере определяют динамику многих экзогенных процессов. Землетрясения, приуроченные преимущественно к активным шовным структурным зонам, относятся



к чрезвычайным, внезапным, труднопрогнозируемым явлениям. Человеческие потери от них в мире составляют 60 % всех жертв стихийных бедствий. Свыше 20 % территории Российской Федерации подвержено сейсмическим воздействиям, превышающим 7 баллов по 12-бальной шкале МШК-64, а более 5 % территории находится в зоне 8–10-балльных землетрясений (Вартанян, Голицын, Гречнев и др., 2000).

Столь же опасны вулканические процессы, проявляющиеся в форме излияния раскаленной лавы, выбросов пирокластического материала, вулканических газов. Вулканические извержения обычно сопровождаются землетрясениями и специфическими селевыми потоками – лахарами, нередко катастрофического характера. Действующими принято считать вулканы, извергавшиеся хотя бы один раз за последние 3500 лет.

В процессе равнинных территорий (особенно платформенных) большая часть ЭПП. завершила свое развитие, и стало объектом проявления наложенных по отношению к ним современных ОПП (солифлюкция, оползание, дефляция, просадки, овражная эрозия, суффозия). На развитие ОПП влияет большое количество разнообразных природных факторов: на экзогенные ОПП – климатические условия (в первую очередь увлажненность), орографические (особенно крутизна склонов), геокриологические; на эндогенные ОПП – сейсмическая, вулканическая активность. Информация об этих факторах отчасти приводится в легенде, а также в дополнительных схемах (картах) более мелкого масштаба, размещаемых в зарамочном поле карты. Перечень таких картографических материалов жестко не регламентируется и определяется целесообразностью в зависимости от региональной специфики геологического строения и природных условий. Наиболее востребованными являются схемы (карты) сейсмического районирования, карстующихся пород, распространения многолетнемерзлых пород, увлажненности.

Результирующим информационным слоем карты является оценочное районирование территории по интегральной степени геологических опасностей, проводящееся на базе анализа карты с привлечением других картографических и литературных данных. На схеме районирования, составляемой в масштабе 1 : 2 500 000 (цветом показываются площади, имеющие одинаковую интегральную оценку степени геологических опасностей (условно неопасные, малоопасные, опасные, высокоопасные). Внутри их выделяются районы и подрайоны существенно различающиеся (при одинаковой интегральной оценке), генетическими спектрами ОПП и интенсивностью их проявления. Большинство ЭПП относится к категории зональных, распространение которых в первую очередь контролируется климатическими факторами. Чрезвычайно важное значение имеет криолитологическая обстановка. Многолетнемерзлые породы занимают 61,5 % территории России (в Сибири – 80 %), с чем связано широкое распространение и многообразие негативных криогенных процессов (табл. 1). Азональные процессы имеют эндогенную природу, а также обусловлены морфоструктурными факторами (главным образом, крутизной склонов), литологическим составом пород субстрата.

Нередко на одних и тех же геоморфологических поверхностях действует не один, а комплекс процессов, которые могут быть парагенетически связанными друг с другом или относиться к разным классам и группам. Характерная особенность многих опасных природных процессов заключается в том, что проявление одного из них вызывает цепочку последовательно или лавинно развивающихся других процессов, имеющих мгновенный катастрофический характер, либо обладающих отдаленным во времени эффектом проявления (Ананьев, 1992). Например, землетрясение может вызвать массовое образование сплывов и оползней в рыхлом покрове склонов, материал которых, сгужаясь в водотоки, приводит к возникновению катастрофических селей.

По сравнению с платформенными равнинами, горные регионы характеризуются значительно большей интенсивностью проявления опасных природных процессов, обладающих высоким энергетическим потенциалом, а также их разнообразием. Пораженность горных территорий опасными экзогенными процессами (сели, обвалы, оползни, эрозия, снежные лавины и др.) составляет до 70–80 % (Вартанян, Круподеров, 2002). Не менее активно здесь развиваются негативные эндогенные процессы, в первую очередь – сейсмогенные и вулканогенные. Для горных регионов характерна также чрезвычайно высокая степень пространственной неоднородности современной экзодинамики, обусловленная масштабностью эрозионного расчленения.

Основными характеристиками, отражающими *степень опасности процессов*, являются: интенсивность и активность их проявления, мощность (параметры) и скорость протекания, обусловленные в значительной мере генезисом процессов (Шеко, 1992).

*Интенсивность* определяется коэффициентом пораженности, выражающим отношение площади (длины, числа) всех форм проявления данного процесса независимо от возраста) ко всей площади участка.

*Активность* выражается через отношение действующих форм конкретного процесса на данном участке к общему числу этих форм.

*Мощность* определяется размерами форм проявления процесса, чаще всего – это площадь и объемы. Важнейшим параметром опасности является *скорость*.

Высоко опасные, катастрофические процессы, такие как обвалы, сели, снежные лавины, активный карст, обвалы ледников, землетрясения характеризуются внезапностью проявления. Меньшую опасность представляют не столь стремительно развивающиеся процессы – абразия, эрозия, суффозия, которые также могут принести ощутимый материальный ущерб и создать кризисные ситуации, как правило, не угрожающие жизни людей. Замыкают убывающий по относительной экологической опасности ряд процессов такие как: заболачивание, засоление, овражная эрозия, характеризующиеся наименьшими скоростями проявления (Вартанян, Голицын, Гречищев. 2000).

Назначение карт геологических опасностей – выявление и отображение общих закономерностей площадного распространения опасных природных

геологических процессов с оценкой степени их опасности. Такие карты могут быть использованы для обоснования планируемых природоохранных работ, рационального размещения народнохозяйственных объектов различного целевого назначения, планирования регионального изучения опасных геологических процессов и защитных мероприятий по предупреждению их последствий. Содержащаяся в картах информация представляет интерес для широкого круга специалистов-геологов, географов, экологов, связанных с изучением геологических процессов и решением практических задач по природоохране и недропользованию.