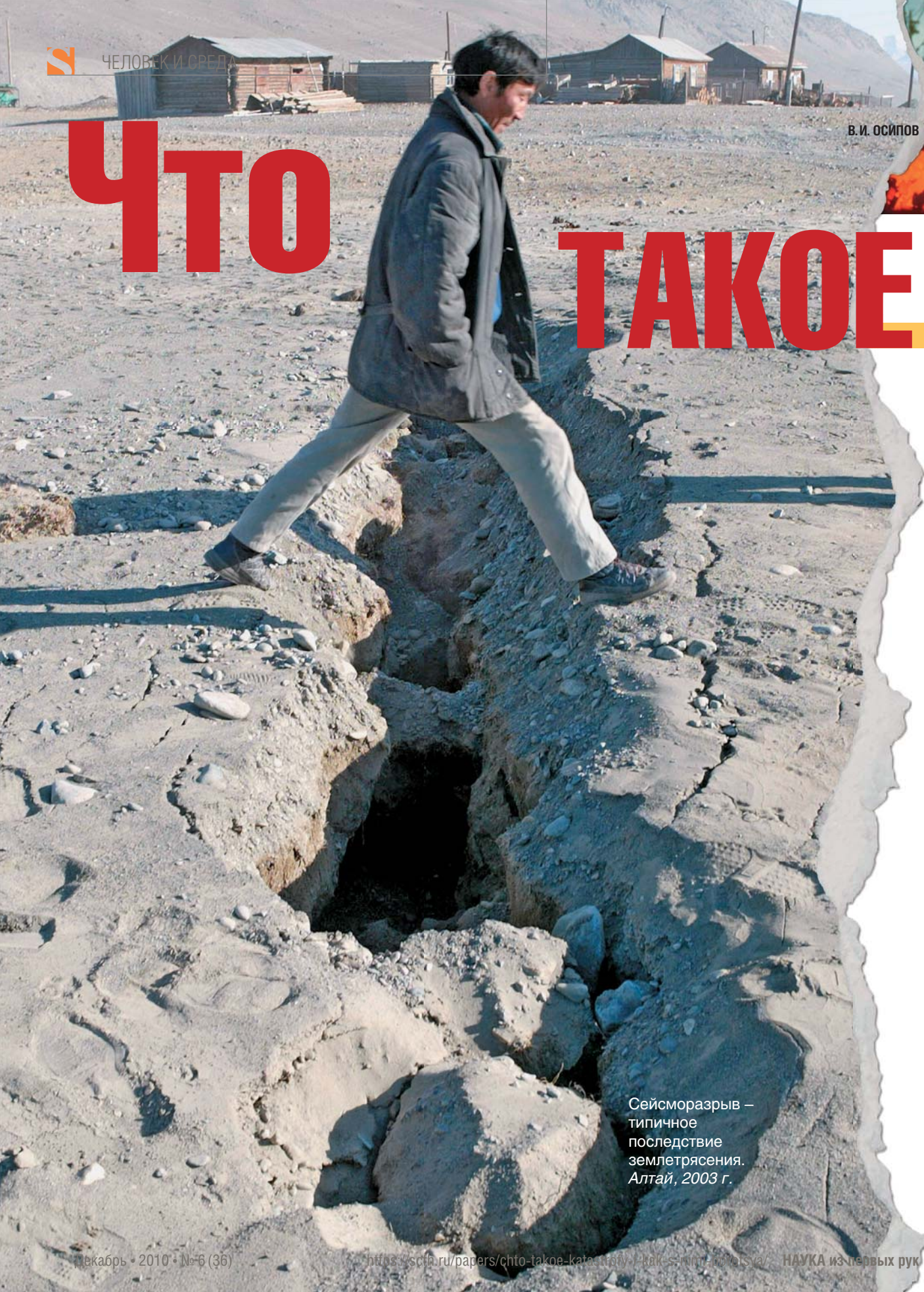


Что такое катастрофы

и как с ними бороться



Сейсморазрыв – типичное последствие землетрясения. Алтай, 2003 г.



Природные катастрофы – источники глубочайших социальных потрясений, приводящих к массовым страданиям, гибели людей и огромным материальным потерям. В основе увеличения числа природных катастроф лежат глобальные процессы, такие как рост численности населения и экономики земной цивилизации, деградация природной среды и изменение климата. Борьба со стихийными бедствиями является важным элементом государственной стратегии устойчивого развития. Она должна основываться на принципах разумного хозяйственного использования территорий, прогнозировании грозящих опасностей и проведении превентивных мероприятий

Человек с древнейших времен испытывал страх перед грозными проявлениями могущества природы. Как показывает история нашей цивилизации, многие природные катастрофы сопровождались крупными социальными потрясениями. Гибель Помпей в Италии в результате извержения вулкана Везувий (79 г. н.э.) – не единственный пример того, как процветавшие города приходили в упадок в результате стихийных бедствий, а потом и вовсе исчезали. Известны случаи, когда экономические потери от природных катастроф превышали величину валового национального продукта отдельных стран, в результате чего их экономика оказывалась в критическом состоянии. Например, только прямой ущерб от землетрясения в Манагуа (1972 г.) был равен двукратному размеру годового валового продукта Никарагуа.

Брызги магматических выбросов в восточной части вулкана Килауэа. Гавайские о-ва, 1977 г. (вверху слева). Геологическая служба США

Лассен-Пик – крупнейший в мире вулкан с лавовым конусом высотой 606 м. Калифорния, 1915 г. (вверху справа). Фото Р. Мейерса



ОСИПОВ Виктор Иванович – академик РАН, доктор геолого-минералогических наук, директор Института геоэкологии им. Е. М. Сергеева (Москва). Заслуженный профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Лауреат Премии Правительства РФ (2008). Автор и соавтор более 400 научных публикаций, в том числе 16 монографий

Ключевые слова: природные катастрофы, экономический ущерб, управление риском, предотвращение катастроф.

Key words: natural disasters, economic loss, hazard control, preventive measures



Этот грандиозный разрыв грунта вблизи г. Мекеринг (Австралия) появился 14 октября 1968 г. в результате землетрясения, сопровождавшегося поверхностными волнами. Вид с воздуха. Фото Б. Болта (Архив Калифорнийского университета, Беркли)

Анализ исторических данных свидетельствует, что количество природных катастроф на Земле неуклонно растет: только за последние полвека частота масштабных бедствий увеличилась в пять раз. Связанные же с ними материальные потери возросли почти в десять раз, достигая в отдельные годы 190 млрд дол. США. Ожидается, что к 2050 г. социально-экономический ущерб от опасных природных процессов (при существующем уровне защиты) составит почти половину прироста глобального валового продукта. В России средний ущерб от природно-технических катастроф в настоящее время – около 3% валового внутреннего продукта.

Во всеобщей проблеме безопасности катастрофические явления рассматриваются как один из важнейших дестабилизирующих факторов, препятствующих устойчивому развитию человечества.

Но что, собственно, означает это понятие – природные катастрофы? Каков механизм их зарождения и развития? Можно ли избежать их разрушительных последствий? И почему, несмотря на непрерывный научно-технический прогресс, человечество продолжает чувствовать себя незащищенным?

Разрушительная энергия

По мнению выдающегося советского ученого-естествоиспытателя В. И. Вернадского, земная поверхностная оболочка не может рассматриваться как область только вещества, это и область энергии.

Действительно, на поверхности Земли и в прилегающих к ней слоях атмосферы идет множество сложнейших процессов, сопровождающихся преобразованием энергии. Среди них *эндогенные* процессы реорганизации материи внутри Земли и *экзогенные* взаимодействия вещества внешней земной оболочки и физических полей, а также воздействие солнечной радиации.

Все эти процессы являются движущей силой постоянного преобразования облика нашей планеты – ее *геодинамики*. И они же вызывают разрушительные явления на ее поверхности и в атмосфере: землетрясения, извержения вулканов, цунами, наводнения, ураганы и др.

Природные катастрофы принято подразделять на типы в зависимости от среды, через которую происходит энергетическое воздействие – через земную твердь, воздушную или водную стихию.

Наиболее страшные из них – это, пожалуй, *землетрясения*. Мощные ударные волны, вызванные глубинными процессами, приводят к разрывам грунта, что оказывает ужасающее разрушительное воздействие на среду обитания человека. Величина выделяемой при этом энергии иногда превышает 10^{18} Дж, что соответствует взрыву сотни атомных бомб, подобных той, что была сброшена на Хиросиму в 1945 г.

Наиболее сильно страдает от землетрясений Китай, где они происходят почти ежегодно. Например, еще в 1556 г. в результате ряда мощнейших сейсмоударов погибло 0,8 млн человек (около 1% населения страны). Только за последнее десятилетие погибло около 80 тыс. жителей Китая, а общий экономический ущерб превысил 1,4 трлн юаней.

В России в последние годы наиболее разрушительным стало землетрясение на севере о. Сахалин в мае 1995 г., которое полностью разрушило пос. Нефтегорск и погубило более 2 тыс. человек.

Но все же самым мощным источником энергии на нашей планете являются *вулканы*. Выброс энергии при вулканическом извержении может стократно превышать «вклад» самого сильного землетрясения.

Ежегодно в результате вулканической деятельности в атмосферу и на поверхность Земли выбрасывается примерно 1,5 млрд т глубинного вещества.

В настоящее время на Земле насчитывается около 550 исторически активных вулканов (каждый восьмой из них находится на российской земле). За историческое время непосредственно вследствие вулканической активности в мире погибло не менее 1 млн человек.

В конце XIX в. произошло одно из крупнейших извержений вулкана Кракатау в Юго-Восточной Азии. Миллионы кубометров вулканического пепла, выброшенного в атмосферу, поднялись на высоту около 80 км. В результате наступила «полярная ночь» – на несколько месяцев вся Земля погрузилась в полумрак. Прямые солнечные лучи не достигали поверхности планеты, поэтому резко похолодало. Эту ситуацию позднее сравнивали с феноменом «ядерной зимы» – потенциальным последствием взрыва сверхмощной термоядерной бомбы на поверхности Земли.

Весной прошлого года мир пережил очередную природную катастрофу – извержение вулкана в Исландии, от которого пострадала экономика многих (особенно европейских) стран.

Землетрясения и извержения вулканов, происходящие на водных пространствах, часто приводят к возникновению *цунами*. Волна, образующаяся в открытом океане при вулканическом взрыве или сейсмическом толчке, у берега может приобрести чудовищную разрушительную силу. Библейский потоп и гибель Атлантиды приписывают

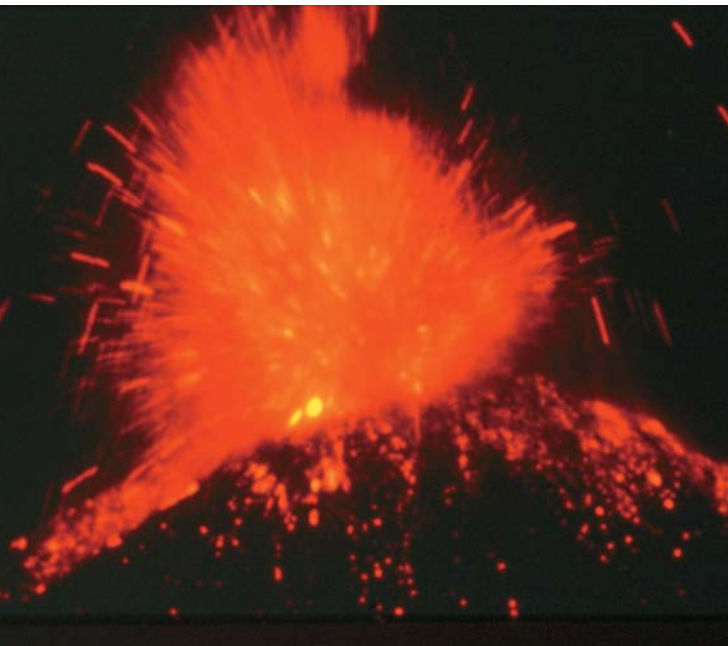
Так выглядела железная дорога «Юнион Пасифик» вблизи г. Сиэтл (США) после землетрясения 29 апреля 1965 г. Архив Калифорнийского университета, Беркли



Землетрясение 16 июня 1964 г. в Ниигате, Япония. Вид с воздуха на дома, которые наклонились вследствие разжижения почвы и плохих фундаментов. Национальный центр геофизических данных

Два сходных по мощности землетрясения 1980-х гг. – в Спитаке (Армения) и Сан-Франциско (Калифорния, США) – имели очень разные последствия. Первое погубило около 40 тыс. человек, второе – всего 40 (!). Причина – различия в качестве использованных строительных конструкций и в организации предупредительных мер





Юный мексиканский вулкан Парикутин родился... на кукурузном поле в 1943 г. За десять лет конус вулкана достиг 410 м в высоту, а вокруг его основания образовались обильные поля лавы. Фото Р. Уилкокса (Геологическая служба США, 1944 г.)

извержениям вулкана в Средиземном море, сопровождавшимся цунами.

В XX в. только в Тихом океане было отмечено более двухсот цунами. В декабре 2004 г. череда крупных волн, обрушившихся на северо-восточное побережье Индийского океана, унесла более 200 тыс. человеческих жизней, а экономические потери составили 10 млрд дол.

Библейскую легенду о всемирном потопе часто приходится вспоминать и жителям стран, оказывающихся во власти грандиозных наводнений – затопления местности в результате резкого подъема уровня воды в реках, озерах, водохранилищах. Наводнения опасны сами по себе и к тому же провоцируют множество других природных бедствий – обвалы, оползни, сели.

Одно из самых страшных наводнений произошло в 1887 г. в Китае, когда вода в р. Хуанхэ за считанные часы поднялась на высоту восьмизэтажного дома. В результате погибло около 1 млн жителей этой речной долины.

В прошлом столетии, по данным ЮНЕСКО, в результате наводнений погибло 4 млн человек. Одно из последних сильных наводнений произошло в Чехии летом 2002 г. Вода залила улицы сотен населенных пунктов и городов, включая Прагу, в которой оказались затоплены 17 станций метро.



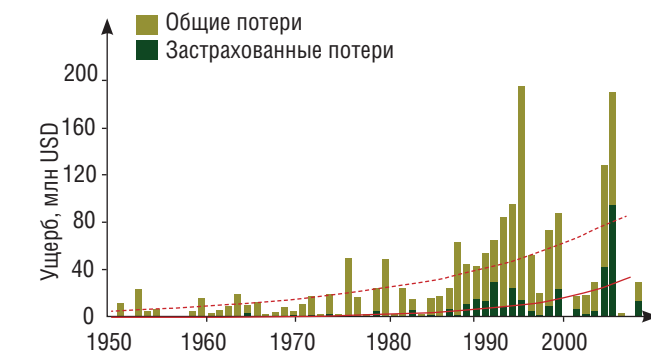
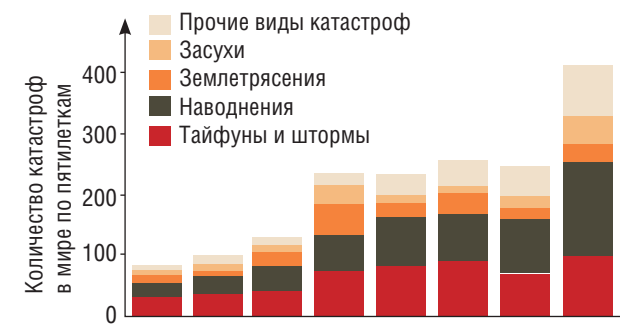
На старинной гравюре изображено извержение вулкана Неа Камени на о. Санторини в Эгейском море в 1866 г. Видна погруженная в воду кальдера. В 1650 г. до н.э. здесь произошло крупнейшее извержение, послужившее одной из причин исчезновения минойской цивилизации и возникновения легенды о гибели Атлантиды. Фото П. Хедервари (Национальный центр геофизических данных)

На территории России вулканическая деятельность наиболее активно проявляется на Курильских островах и Камчатке, где имеется 69 действующих вулканов. В течение XX в. здесь произошло 250 извержений, к счастью, без больших человеческих жертв

Подобные крупные катастрофические явления бываю и в России. Так, во время весеннего паводка 1994 г. на р. Тобол случился перелив воды через защитную дамбу г. Курган. В течение двух недель тысячи жилых домов оставались затопленными по крыши. Спустя семь лет произошло еще более разрушительное наводнение на р. Лена в Якутии.

Наконец, нельзя не упомянуть бушующую воздушную стихию: циклоны, штормы, ураганы, смерчи... Ежегодно на земном шаре возникает в среднем около 80 катастрофических ситуаций, связанных с этими явлениями. Океанские побережья часто страдают от тропических циклонов, обрушивающихся на континенты ураганные потоки воздуха со скоростью более 350 км/ч, мощные ливневые осадки (до 1000 мм за несколько дней) и штормовые волны высотой до 8 м.

Так, три крупных разрушительных урагана осенью 2005 г. нанесли американскому континенту ущерб в 156 млрд дол. На этом фоне ураганы, гулявшие на рубеже тысячелетий по Западной и Северной Европе, выглядят более скромно – от них потерь было на порядок меньше.



Последние полвека в мире наблюдается монотонный рост количества природных катастроф. Размер экономического ущерба от них возрастает вдвое быстрее, что свидетельствует о невысокой эффективности защиты от грозных явлений природы. По данным германской страховой компании Munich Re Group, 2007

14 ноября 1963 г. черный столб вулканического пепла возвестил о рождении острова на южном побережье Исландии. Извержение началось на глубине 130 м ниже уровня моря и продолжалось, пока высота вулкана не достигла морской поверхности. На фото запечатлен 16-дневный конус вулкана. Фото Х. Уильямса



Вездесущее человечество

Одна из основных причин увеличения числа жертв и материальных потерь в результате природных катастроф – неуклонный рост человеческой популяции.

В древние времена численность человечества изменялась незначительно, периоды ее роста чередовались с периодами спада в результате смертности от эпидемий и голода. Вплоть до начала XIX в. население Земли не превышало 1 млрд чел. Однако с наступлением индустриального периода общественного развития ситуация резко изменилась: уже спустя 100 лет население удвоилось, а к 1975 г. превысило 4 млрд чел.

Рост человеческой популяции сопровождается процессом урбанизации. Так, если в 1830 г. городская часть населения планеты составляла чуть более 3%, то в настоящее время в городах компактно проживает не менее половины человечества. Общая численность населения Земли ежегодно увеличивается в среднем на 1,7%, но в городах этот рост идет гораздо более быстрыми темпами (на 4,0%).

Рост населения планеты приводит к освоению малоприспособленных для проживания людей участков: склонов холмов, пойм рек, заболоченных территорий. Ситуация часто усугубляется отсутствием заблаговременной инженерной подготовки осваиваемых территорий и



Оползни и камнепады образовали в Канадских Скалистых горах гигантские каменные «шлейфы» (вверху). А это уже техноприродная катастрофа – оседание грунта (внизу), вызванное обрушением угольной шахты возле г. Лафайет (Колорадо, США). Фото Б. Бредли (Колорадский университет, США)



Опасность селя – бурного грязекаменного потока, возникающего в руслах горных рек, – не только в огромной разрушительной силе, но и во внезапности. На фото – селя, обрушившийся в 2000 г. на г. Тырнауз (Кабардино-Балкария)

использованием для застройки конструктивно несовершенных зданий. В результате города все чаще оказываются в центре разрушительных стихийных бедствий, где страдания и гибель людей приобретают массовый характер.

Промышленно-технологическая революция привела к глобальному вмешательству человека в наиболее консервативную часть окружающей среды – литосферу. Еще в 1925 г. В. И. Вернадский отметил, что человек своей научной мыслью создает «новую геологическую силу». Современная геологическая деятельность человека по масштабам стала сопоставима с природными геологическими процессами. Например, в ходе строительных работ и при добыче полезных ископаемых в год перемещается более 100 млрд т горных пород, что примерно вчетверо больше массы минерального материала, переносимого всеми реками мира в результате размыва суши.

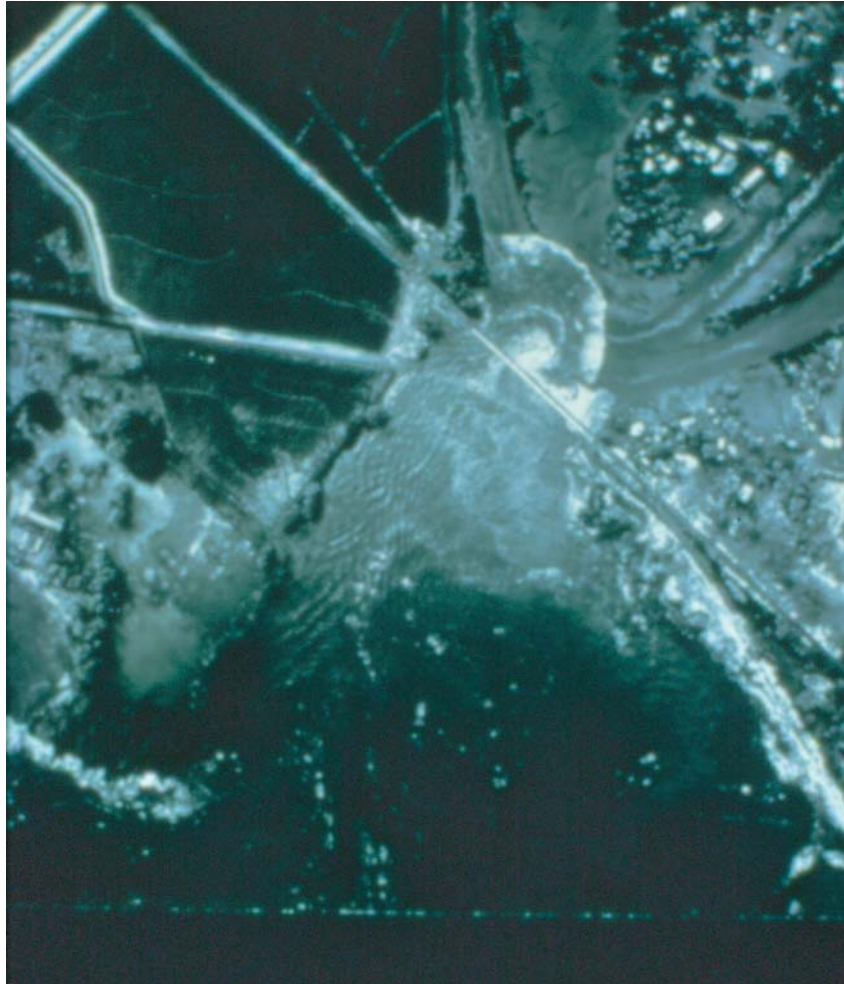
Техногенное воздействие человека на литосферу приводит к значительным изменениям в окружающей среде, активизируя развитие природных и инициируя появление новых – уже *техноприродных* – процессов. К последним относятся опускание территорий в результате глубинной добычи полезных ископаемых, наведенная сейсмичность, подтопление, карстово-суффозионные процессы, появление разного рода физических полей и т. д.

Таким образом, в современной экономике развиваются две противоположные тенденции: глобальный валовой доход растет, а составляющие «природный капитал» жизнеобеспечивающие ресурсы (вода, почва, биомасса, озоновый слой) деградируют. Это происходит потому, что промышленное развитие, призванное служить прежде всего экономическому прогрессу, вошло в противоречие с природной средой, поскольку перестало учитывать реальные пределы устойчивости биосферы.

Например, некоторыми из причин увеличения частоты и масштабов наводнений являются вырубка лесов, осушение водно-болотных угодий, уплотнение почвенного покрова. Действительно, такое «мелиоративное» воздействие приводит к ускорению поверхностного стока с водосбора в речное русло, поэтому во время экстремальных осадков или таяния снега уровень воды в реках резко повышается.

В адское пекло?

Многих людей волнует вопрос – чего нам ожидать в будущем? Согласно библейским откровениям, человеческую цивилизацию погубит огонь. Судя по глобальным изменениям климата на протяжении последних 150 лет, движение к такому «концу света» уже можно считать начавшимся.



В 1952 г. на Гавайские о-ва обрушилось цунами, вызванное землетрясением вблизи п-ова Камчатка. К счастью, оно обошлось без человеческих жертв.
На фото – четвертая волна цунами, накатывающая на о. Оаху.
Фото Д. Кертиса



Цунами, вызванное в 1960 г. землетрясением у побережья Чили, унесло жизни тысячи человек



Ущерб от цунами, вызванного землетрясением 1946 г. вблизи Алеутских о-вов (Аляска) и обрушившегося на Гавайи, составил 26 млн дол. В г. Хило все дома, обращенные к заливу, были смыты, железные дороги разрушены, а прибрежные дороги уничтожены. Фото из архива инженерных войск США



Перевернутый цунами корабль на берегу зал. Воскресения лежит в 75 км от эпицентра землетрясения, породившего гигантские волны. Аляска, 1964. Фото из архива Министерства внутренних дел США

По данным Всемирной метеорологической организации, глобальное повышение температуры составило около $0,8^{\circ}\text{C}$. На региональном уровне наблюдаются более контрастные изменения. Например, в северных регионах России за последние 30 лет среднегодовая температура воздуха выросла на $1,0^{\circ}\text{C}$, что примерно в 2,5 раза превышает скорость тренда глобальной температуры. Следует заметить, что это различие обусловлено преимущественно повышением средних зимних температур, в то время как в летние сезоны температура может даже слегка понижаться.

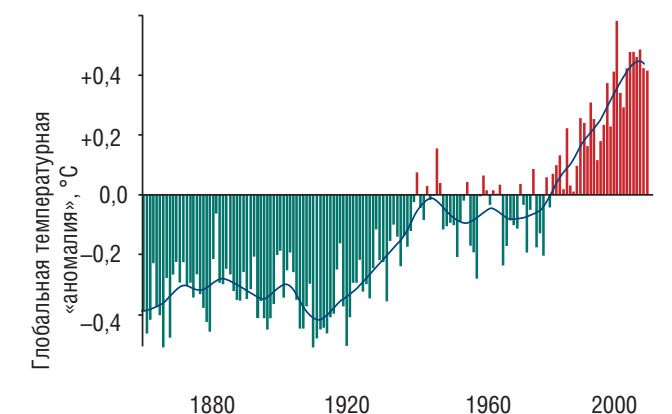
В ряде регионов мира в последнее десятилетие летом иногда наблюдалась аномальная жара. Так, в августе 2003 г. температура в некоторых странах Западной Европы поднималась до $+40^{\circ}\text{C}$, что вызвало гибель от теплового удара более 70 тыс. человек.

Несмотря на существование различных точек зрения на причины глобальных климатических изменений, сам факт потепления на Земле является неоспоримым. Дальнейшее увеличение температуры воздуха способно оказать как положительное, так и отрицательное воздействие на природную среду, приведя к опустыниванию, затоплению и разрушению морских побережий, сходу с гор ледников, отступанию вечной мерзлоты и т. п.

Острейшей гуманитарной проблемой становится нехватка питьевой воды. Сильнейшие засухи отмечались в последние годы в Латинской Америке, Северной Африке, Индии и Пакистане. Ожидается, что в ближайшем будущем площадь территорий, испытывающих острый дефицит влаги, существенно расширится. Число «экологических беженцев» продолжает быстро расти.

Одна из наиболее серьезных опасностей, связанных с глобальным потеплением, – таяние ледового покрова Гренландии и высокогорных ледников. По данным спутниковых наблюдений, с 1978 г. площадь морского льда в Антарктике сокращается в среднем на $0,27\%$ ежегодно. Одновременно уменьшается и толщина ледовых полей.

Таяние ледников и тепловое расширение воды привело к повышению уровня Мирового океана на 17 см за последние 100 лет. Ожидается, что в ближайшие



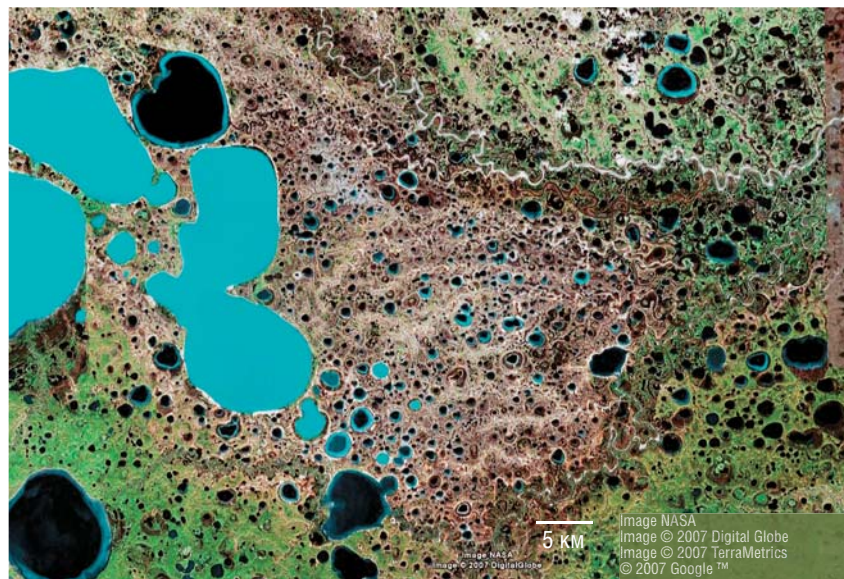
Отклонение среднегодовой глобальной (т. е. в среднем по всему земному шару) температуры приземного воздуха от реперного уровня 1962 г. колеблется, но линия тренда (плывущая средняя величина по 20-летним периодам) уверенно направлена вверх.
По данным Группы климатических исследований (Великобритания, 2008 г.)

годы уровень океана будет подниматься в 5–10 раз быстрее, что приведет к крупным финансовым затратам на обеспечение безопасности прибрежных низменных территорий. Так, при подъеме уровня Мирового океана на полметра Нидерландам потребуется около 3 трлн евро для борьбы с затоплением, а на Мальдивских островах защита одного лишь погонного метра побережья обойдется в 13 тыс. дол.

Потепление будет сопровождаться и деградацией многолетнемерзлых горных пород в криолитозоне,

питания и т. п. Однако устойчивая тенденция к увеличению частоты катастрофических событий и размера связанного с ними ущерба делает эти мероприятия все менее эффективными.

При выработке концепции «борьбы с катастрофами» важно понимать, что человек не в состоянии приостановить или изменить ход эволюционных трансформаций планеты – он может только с некоторой долей вероятности прогнозировать их развитие и иногда оказывать влияние на их динамику. Поэтому в настоящее время



составляющей значительную часть территории нашей страны. Отмечено, что за прошедшее столетие площадь распространения вечномерзлых грунтов в Северном полушарии сократилась на 7%, а максимальная глубина промерзания уменьшилась в среднем на 35 см. При сохранении существующей климатической тенденции граница сплошной вечной мерзлоты за десятилетие переместится к северу на 50–80 км (Осипов, 2001).

Деградация криолитозоны вызовет развитие таких опасных процессов, как *термокарст* – опускание территории в результате вытаивания льдов и образования наледей. Это, несомненно, усугубит проблему безопасности объектов газовой и нефтяной отраслей при освоении минеральных ресурсов Севера.

Профилактика катастроф

До недавнего времени усилия многих стран по «уменьшению опасности» стихийных бедствий были направлены лишь на ликвидацию их последствий, оказание помощи пострадавшим, организацию технических и медицинских услуг, поставку продуктов

Разрушение берегов происходит при оттаивании льдов в мерзлом грунте, который оплывает по склону вместе с растительным покровом (слева). Многие территории на п-ове Ямал поражены термокарстовыми процессами: на них практически нет растительности (справа). Долина р. Юрибей

специалисты считают приоритетными новые задачи: предупреждение природных катастроф и смягчение их негативных последствий.

Центральное место в стратегии борьбы со стихией занимает проблема оценки *риска*, т. е. вероятности катастрофического события и величины ожидаемых человеческих жертв и материальных потерь.

Степень воздействия природной опасности на людей и объекты инфраструктуры оценивается показателем их *уязвимости*. Для людей это снижение способности выполнять свои функции вследствие гибели, потери здоровья или увечья; для объектов техносферы – уничтожение, разрушение или частичное повреждение объектов.

Регулировать развитие большинства природных опасностей – весьма сложная задача. Многие природ-

ные явления, такие как, например, землетрясения и извержения вулканов, вообще не поддаются прямому управлению. Но имеется многолетний положительный опыт воздействия человека, в частности, на некоторые гидрометеорологические явления.

Так, в научных организациях Росгидромета были разработаны технологии внесения активных реагентов в облачные поля при помощи ракетной, авиационной и наземной техники с целью искусственного увеличения и перераспределения атмосферных осадков, рассеива-

ния туманов в окрестностях аэропортов, предотвращения градобития сельскохозяйственных культур. Стало возможным регулирование атмосферных осадков во время техногенных катастроф. Так, после взрыва на Чернобыльской атомной электростанции в 1986 г. был предотвращен дождевой смыв продуктов радиационного загрязнения в речную сеть.

Значительно чаще превентивные меры осуществляются косвенным образом, путем повышения устойчивости и защищенности по отношению к природным

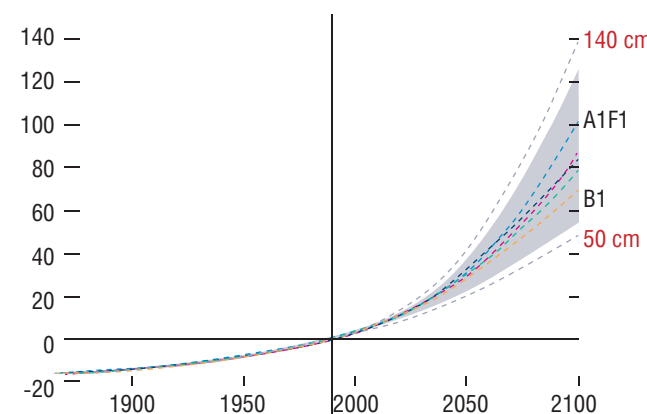


Почти на четверти территории России распространена «вечная мерзлота». Глобальное потепление климата вызывает разрушение вечномерзлых грунтов и опускание территории в результате развития термокарстовых процессов

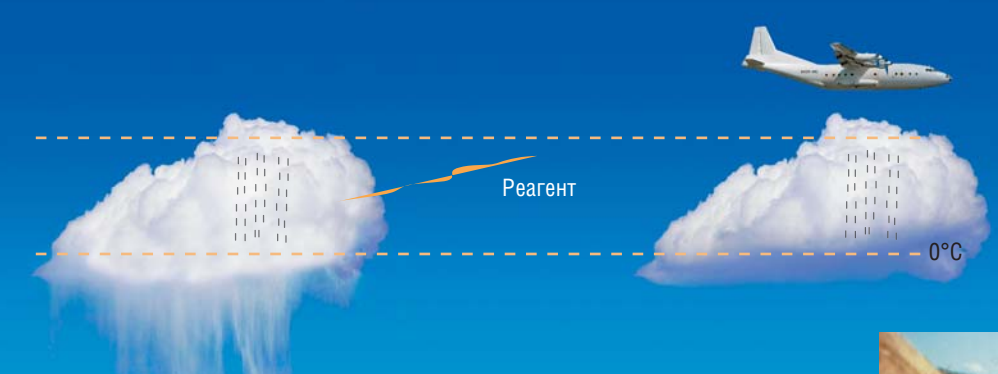
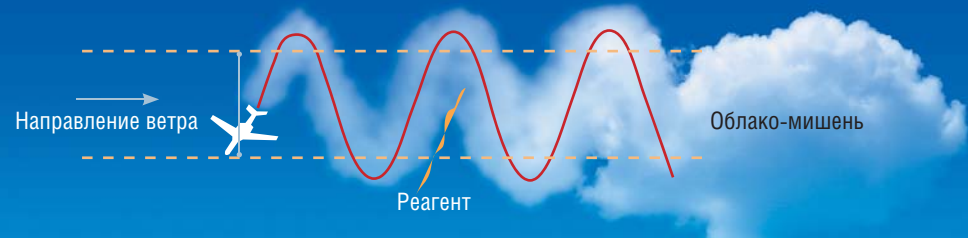
Зоны с наличием многолетнемерзлых грунтов (1–3):
1 – островное распространение (< 50% площади),
2 – прерывистое (50–90%) распределение,
3 – сплошное (> 90%) распределение;
4 – зона сезонного промерзания.

опасностям и самих людей, и инфраструктуры. Среди наиболее важных мер по снижению их уязвимости рациональное использование земель, тщательная инженерная подготовка объектов инфраструктуры и защита территорий, на которых они размещаются, организация средств предупреждения и экстренного реагирования.

Участки внешне однородной территории с разнообразными геоморфологическими, гидрогеологическими, ландшафтными и другими условиями реагируют на природные воздействия неодинаково. Например, в ни-



За последнее столетие уровень Мирового океана повысился на 17 см. Согласно прогнозам, темпы его роста могут увеличиться в несколько раз благодаря продолжающемуся глобальному потеплению.
По: Stefan Rahmstorf (2007), Science Vol. 315, p. 368



Для регулирования атмосферных осадков разработаны авиационные технологии: распыляемый реагент вызывает коагуляцию облачного аэрозоля в дождевые капли. Внесение активного вещества осуществляется средствами малой авиации (слева)

Наземные устройства для рассеяния низкой облачности и туманов включают генератор ледяных кристаллов на сжиженном азоте. Генераторные системы могут быть как стационарными, так и мобильными (справа)

Природная опасность – экстремальное явление в литосфере, гидросфере, атмосфере или космосе. **Риск природной опасности**, согласно терминологии ООН, – это ожидаемые социальные и материальные потери в количественном измерении в данном районе за определенный период времени.

территории Адлерского района, где возводится комплекс сооружений для Олимпийских игр 2014 г.

Оценка риска производится на основе данных о вероятности проявления природной опасности, ее физических параметрах, а также о месте и времени возникновения.

Нередко возникает необходимость использовать заведомо непригодные для строительства земли, например, участки морских побережий и долин рек, склонов гор, территории с закарстованными и просадочными грунтами. В этом случае проводят превентивные инженерные мероприятия, направленные на повышение устойчивости территорий и защиту самих сооружений: возводят сплошные стены и дамбы, строят дренажные системы и водосбросы, производят поднятие территории с помощью отсыпки грунта, укрепляют грунты путем их уплотнения, цементации и армирования.

Если природная опасность появляется на урбанизированных или хозяйственно-освоенных территориях и воздействует непосредственно на людей и объекты материальной сферы, то происходит **реализация риска со всеми вытекающими последствиями.**

Недавний пример крупномасштабного защитного гидротехнического строительства – возведение защитной дамбы, которая перекрыла часть

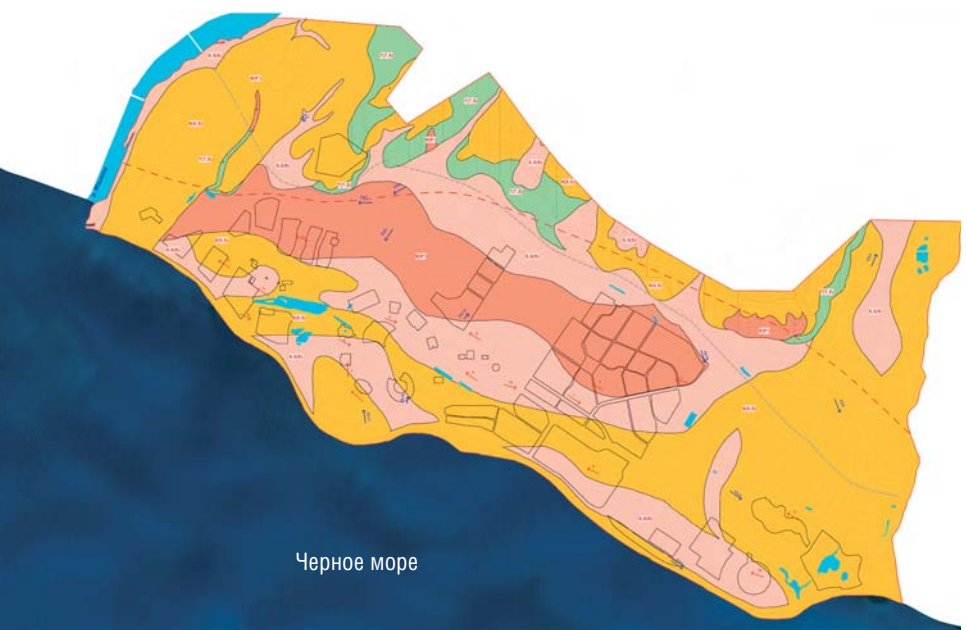
Уязвимость характеризует неспособность людей, а также элементов социальной и материальной сферы противостоять природным явлениям. **Выражается в относительных единицах или процентах.**

Процедура анализа риска заключается в вычислении ожидаемых потерь при проявлении природной опасности на основе ее количественной оценки и определения величины уязвимости реципиентов риска (людей и объектов).

В случае, когда рассчитанный уровень риска оказывается неприемлемым (критерии приемлемости пока очень субъективны), осуществляют управление риском, т. е. выполняют мероприятия по его снижению. Одни из них непосредственно воздействуют на развивающиеся опасные природные явления, другие способствуют уменьшению уязвимости техносферы и повышению безопасности людей



Во время землетрясения 18 августа 1959 г. участок шоссе 287 рухнул в озеро Хебген, Монтана (США). Оползни, затопление, появление трещин и смещение дорожного полотна сделали дорогу непроезжей на участке длиной в 58 км. Свыше 200 отдыхающих оказались в ловушке в Каньоне Мэдисон. Фото: из архива Калифорнийского университета (Беркли, США)



Имеретинская низменность на территории Адлерского р-на, где возводится комплекс сооружений для Олимпийских игр 2014 г., была зонирована по уровню сейсмической опасности

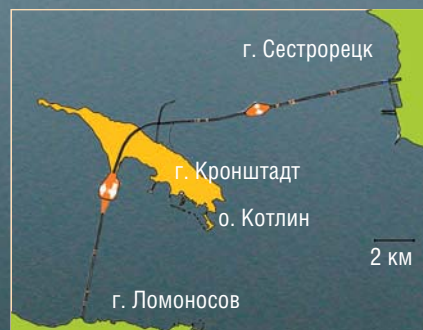
зинных участках, сложенных слабыми водонасыщенными грунтами, интенсивность сейсмических колебаний может оказаться в несколько раз выше, чем на соседнем участке, сложенном скальными породами.

Очевидно, что для снижения уязвимости и повышения безопасности необходимо строго обоснованно и ответственно подходить к выбору земельных участков для строительства населенных пунктов, промышленных и гражданских объектов, элементов жизнеобеспечивающих систем и т. д. Для решения этой задачи проводится инженерно-геологическое районирование территории, которое заключается в выявлении участков с одинаковыми или близкими геологическими характеристиками и их ранжировании по степени пригодности для хозяйственного освоения и устойчивости к воздействию природных и техногенных опасностей.

Для сейсмоопасных территорий составляется также карта сейсмического микрорайонирования. Ее основное назначение – выделять зоны различной сейсмической опасности (балльности) с учетом всех факторов, влияющих на распространение в геологической среде упругих волн. Например, при участии Института геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН было проведено подобное зонирование Имеретинской низменности на



Для защиты Санкт-Петербурга от наводнения через Финский залив построена 25-километровая дамба, по которой проходит кольцевая автомобильная дорога. В комплексе дамбы оборудованы шлюзовые сооружения для регулирования потока воды и пропуска морских судов



Финского залива и устье Невы. Потребность в подобном сооружении была велика, так как практически ежегодно за счет ветрового нагона из Балтийского моря воды Невы поднимались выше 1,5 м – уровня, в расчете на который проектировался Санкт-Петербург. Это приводило к затоплению отдельных районов города. Законченная в 2009 г., дамба выдерживает подъем воды свыше 4 м, что полностью избавляет жителей от угрозы наводнения.

Однако защита территории и даже рациональный выбор участка под строительство не являются достаточными условиями безопасности. Основная причина гибели людей в природных катастрофах связана с обрушением жилых и промышленных зданий. Поэтому необходимо совершенствование проектных решений, использование более прочных материалов, а также диагностика состояния уже построенных зданий и сооружений и периодическое укрепление их конструкций.

Успешное управление природной безопасностью не может существовать без системы предупреждения и экстренного реагирования, которая включает в себя

средства наблюдения за развитием опасных процессов (средства *мониторинга*), оперативной передачи и обработки получаемой информации, оповещения населения о назревающей опасности.

Мониторинг – важнейшее звено системы прогнозирования и предупреждения. Прогностический мониторинг предназначен для организации регулярных наблюдений за аномальными явлениями природы или геоиндикаторами, отражающими их развитие. Проведение такого мониторинга в течение длительного времени позволяет создавать банки данных и временные ряды наблюдений, анализ которых дает возможность выяснять закономерности динамики опасного процесса, моделировать причинно-следственные связи его развития и предсказывать возникновение экстремальных ситуаций.

Для смягчения последствий от «мгновенно» развивающихся катастрофических процессов (например, землетрясений) в случае отсутствия надежных методов их прогнозирования целесообразно применять так называемый охранной мониторинг. Он настраивается

на экстремальную фазу катастрофического события и позволяет без вмешательства человека автоматически принимать срочные меры по минимизации последствий опасного процесса за считанные секунды до наступления критического момента.

Чаще всего по сигналу охранной мониторинговой системы осуществляется отключение объекта от энергообеспечивающих систем (газ, электричество), оповещение персонала и др. Такие системы устанавливаются на особо ответственных и опасных объектах, прежде всего на атомных станциях, нефтеперерабатывающих заводах, морских платформах нефтедобычи, насосных станциях химических продуктопроводов и т. п.

Примером охранного мониторинга может служить система сейсмической безопасности, основанная на применении *акселерометров* (измерителей величины ускорения) сильных движений. Она была разработана в Институте геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН и установлена на нефтедобывающих платформах, расположенных на шельфе о. Сахалин. Анализ показаний приборов с помощью специального алгоритма дает возможность различать колебания объекта, вызванные сейсмическими и иными причинами. Поэтому система подает тревожный сигнал только тогда, когда уровень заданной пороговой интенсивности превышен, и не реагирует на другие сотрясения. Так исключается возможность «ложной тревоги».

В последние десятилетия наметились опасные тенденции в развитии природных процессов, во многом обусловленных ростом численности населения и экономики земной цивилизации. Необратимый рост числа катастрофических событий, в том числе техноприродного происхождения, выдвигает в качестве важного государственного приоритета оценку природных рисков и разработку методов борьбы с ними.

Эффективное управление рисками опирается на современный уровень знаний о природных явлениях, системную организацию наблюдений за опасными процессами, адекватную культуру хозяйственной деятельности и принятие ответственных управленческих решений на разных уровнях власти. Стратегию управления рисками следует осуществлять во всех проектах и инвестиционных программах, связанных со строительством, образованием, социальным обеспечением, здравоохранением.

После стремительного прорыва в космос человечество вновь обращает свой взгляд к общему дому – планете Земля. Общепланетные проблемы в наступившем столетии должны занять важное место среди фундаментальных и практических задач, ибо от их решения во многом зависит будущее нашей цивилизации.

Литература

- Глобальная экологическая перспектива (Гео-3): прошлое, настоящее и перспективы на будущее* / Ред. Г. Н. Голубев. М.: ЮНЕПКОМ, 2002. 504 с.
- Осипов В. И. *Природные катастрофы на рубеже XXI века* // *Вестник РАН*. 2001. Т. 71, № 4. С. 291–302.
- Природные опасности России: в 6-ти т.* / Под общ. ред. В. И. Осипова, С. Шойгу. М.: Издательская фирма КРУК, 2000–2003: *Природные опасности и общество* / Под ред. В. А. Владимирова, Ю. Л. Воробьева, В. И. Осипова. 2002. 248 с.; *Сейсмические опасности* / Под ред. Г. А. Соболева. 2001. 295 с.; *Экзогенные геологические опасности* / Под ред. В. М. Кутепова, А. И. Шеко. 2002. 348 с.; *Геокриологические опасности* / Под ред. Л. С. Гарагуля, Э. Д. Ершова. 2000. 316 с.; *Гидрометеорологические опасности* / Под ред. Г. С. Голицына, А. А. Васильева. 2001. 295 с.; *Оценка и управление природными рисками* / Под ред. А. Л. Рагозина. 2003. 320 с.

В статье использованы фотографии вулканов с сайта www.ngdc.noaa.gov/hazard/volcano.shtml Министерства торговли, Национального управления по исследованию океанов и атмосферы и Национальной информационной службы спутниковых данных об окружающей среде США