# Экологические последствия землетрясений

**Постановка вопроса**

Экология, а соответственно и аспекты экологической опасности, обычно рассматриваются в рамках биосферных процессов в их взаимодействии с человеком и его деятельностью.

Соотношение и внутренние связи сейсмических процессов и сейсмической опасности с проблемами экологии не столь явные на первый взгляд, при более тщательном рассмотрении оказываются весьма значимыми.

Всякое сильное землетрясение –это достаточно продолжительный процесс со стадиями подготовки, реализации и последствий.

Процесс подготовки и реализации сейсмического импульса и

постсейсмического восстановления относительно равновесия охватывает не только отдельный участок литосферы, но и гидросферу (в основном подземную её часть), биосферу, атмосферу и даже ионосферу.

Иными словами, любое, а тем более крупное землетрясение, не может считаться точечным в пространстве и времени и изолированным (самодовлеющим) событием, но должно рассматриваться как длительный процесс: нарушение и последующее восстановление равновесия всех земных оболочек и хода долговременных процессов в обширных объёмах природной среды.

Именно в этом контексте следует рассматривать сейсмические явления с экологической точки зрения.

В проблеме экологических воздействий сейсмических событий важно подчеркнуть три следующие особенности:

1. В настоящее время достаточно определённо выявляются периоды (циклы) повышенной сейсмической активности как глобальные (вековые и тысячелетние), так и ареальные (зональные) –обычно внутривековые.
2. Уязвимость человеческого сообщества к природным катастрофам, включая сильные землетрясения, неуклонно растёт ввиду увеличения плотности населения, усложнения инфраструктуры, увеличение числа ответственных и уязвимых объектов и т.п.
3. Выявление все большего числа прямых и опосредствованных связей сейсмического процесса с тонкими процессами во всех земных оболочках, так или иначе воздействующих на человеческий организм и общественные явления.

**Основные понятия**

Землетрясением обычно называют любое колебание земной поверхности и недр, какими бы причинами оно не вызывалось –эндогенными или антропогенными и какова бы ни была его интенсивность.

Во многих случаях могут возникать чрезвычайные ситуации разной категории сложности (1-4).

Масштаб землетрясения и степень его воздействия на людей и природную среду (а также на рукотворные сооружения) можно определять разными показателями, а именно: величиной энергии, выделенной в очаге –магнитудой, силой колебаний и их воздействий на поверхности –интенсивностью в баллах, ускорениями, амплитудой колебаний, а также ущербом –социальным (людские потери) и материальным (экономические потери). Специалисты-сейсмологи, характеризуя силу землетрясения, обычно оперируют значениями магнитуды. Максимально зарегистрированная магнитуда достигала значения М-8,9. Естественно, что высокоамплетудные землетрясения происходят очень редко –в отличии от средне- и маломагнитудных. Средняя частота землетрясений на земном шаре составляет:

 Таблица№1

|  |  |
| --- | --- |
| Магнитуда | Число землетрясений в год |
| 8 и более | 1 |
| 7,0-7,9 | 13 |
| 6,0-6,9 | 108 |
| 5,0-5,9 | 800 |
| 4,0-4,9 | 6200 |
| 3,0-3,9 | 49000 |

Как видно из таблицы№1 высокомагнитудные землетрясения возникают редко (к тому же большей частью под дном океана ), именно они выделяют основную долю сейсмической энергии (землетрясения с М≥7,0-92% энергии) и влекут за собой наиболее тяжкие последствия.

Наиболее распространённой и общепонятной характеристикой является оценка его воздействия на поверхности земли в баллах по 12-балльной шкале. Признаки соответствующие каждому уровню балльности можно найти в любой книге по сейсмологии.

Сейсмическая опасность –возможность(вероятность) сейсмических воздействий определённой силы на поверхности земли (в баллах шкалы сейсмической интенсивности, амплитудах колебаний или ускорениях) на заданной площади в течение рассматриваемого интервала времени.

Сейсмический риск –рассчитанная вероятность социального и экономического ущерба от землетрясений на заданной территории в заданный интервал времени. К экологическим последствиям землетрясений (собственно сейсмических явлений и сопутствующих им процессов) будем относить физические (в том числе и механические) воздействия на живые организмы и человека, прямые и косвенные нарушения формы, свойств, качества окружающей (природной и антропогенной) среды во всех взаимосвязанных геосферах и долговременно происходящих в них процессов.

**Типы экологических последствий и землетрясений и их характеристика.**

В широком смысле экологические последствия, по-видимому, следует подразделять на социальные, природные и природно-антропогенные. В каждой из групп могут быть выделены прямые и косвенные последствия.

В настоящее время мы довольно полно знаем прямые проявления (последствия) землетрясений на земной поверхности и, следовательно, их прямые воздействия на элементы социального организма, между тем как сопровождающие (предшествующие, последующие) косвенные явления на уровне микро- и даже макроаномалий процессов в литосфере и вне её начали изучать совсем недавно.

Наиболее изучены и наглядно отражают сейсмическую опасность экономические потери в результате землетрясений. За последние десятилетия учтённые экономические потери от землетрясений возросли на порядок и достигают теперь около 200 млдр.долл. за десятилетие. Если в предшествующее десятилетие в эпицентральной зоне, например, 8-балльного землетрясения средний убыток в расчёте на одного жителя составлял 1,5 тыс.долл., то теперь он достигает 30 тыс.долл. Естественно, что с повышением балльности (и магнитуды) возрастают площади поражённых территорий, а следовательно, и ущерб.

Число жертв землетрясений на земном шаре, хотя и неравномерно распределяется по годам, в целом неуклонно, по указанным выше причинам, растёт. За последние 500 лет от землетрясений на Земле погибло 4,5млн. человек, то есть ежегодно землетрясения уносят в среднем 9 тысяч человеческих жизней. Однако в период 1947-1976гг. Средние потери составляли 28тыс. человек в год. С точки зрения экологических, как и социальных последствий, не менее важен и тот факт, что число раненых (включая тяжело раненых) обычно во много раз превышает число погибших, а число оставшихся бездомными превышает количество прямых жертв на порядок и более. Так, в зонах полного разрушения зданий (зоны 8баллов и выше) количество жертв может составлять 1-20%, а раненых –30-80%, обратные соотношения редки.

**Социальные последствия**, то есть воздействие сейсмических явлений на население, включает как прямой социальный ущерб (гибель людей, их травматизм физический или психический, потеря крова в условиях нарушения систем жизнедеятельности и т.п.), так и косвенный социальный ущерб, тяжесть которого зависит от размеров прямого и обусловлена резким, на фоне материальных потерь, изменением морально-психологической обстановки, спешным перемещением больших масс людей, нарушением социальных связей и социального статуса, сокращением трудоспособности и падением эффективности труда оставшихся в живых, частью отвлечённых от привычной индивидуальной и общественной деятельности. Сильное землетрясение, особенно в больших городах и в густонаселённых районах, неизбежно ведёт к дезорганизации жизнедеятельности на тот или иной срок. Нарушения социального поведения могут возникать даже в отсутствии самого события, а лишь в связи со слухами о землетрясении, сколь бы ни были эти ожидания нелепы и ничем не обоснованы. Применительно к последнему десятилетию такого рода примеры известны для ряда городов бывшего Советского Союза. Последствия же сейсмических катастроф, тем более в периоды общего ослабления хозяйственно-экономического состояния и политической нестабильности и долговременной социальной дезориентированности населения, могут сказываться на протяжении десятилетий.

В рамках экологических проблем среди нередко провоцируемых сильными землетрясениями, то есть вторичных, последствий следует отметить (на фоне повреждения и гибели ландшафтных и культурных памятников и нарушения среды обитания как таковой) такие, как возникновение эпидемий и эпизоотий, рост заболеваний и нарушение воспроизводства населения, сокращение пищевой базы (гибель запасов, потеря скота, вывод из строя или ухудшение качества сельскохозяйственных угодий), неблагоприятные изменения ландшафтных условий (например, оголение горных склонов, заваливание долин, гидрологические и гидрогеологические изменения), ухудшение качества атмосферного воздуха из-за туч поднятой пыли и появления аэрозольных частиц в результате возникающих при землетрясении пожаров, снижение качества воды, а также качества и ёмкости рекреационно-оздоровительных ресурсов.

Воздействие сильных землетрясений на природную среду (геологическую среду, ландшафтную оболочку) может быть весьма разнообразным и значительным, хотя в большинстве случаев ареал (зона) изменений не превышает 100-200км.

Среди прямых, наиболее выразительных и значимых воздействий выделим следующие.

Геологические, гидрологические и гидрогеологические, геофизические, геохимические, атмосферные, биологические..

Природно-техногенные последствия землетрясений сказываются на природной среде охваченного землетрясением района в результате нарушения (разрушения) искусственно созданных сооружения (объектов). Сюда можно отнести, в первую очередь, следующие:

1. Пожары на объектах антропогенной среды, ведущие к экологическим последствиям.
2. Прорыв водохранилищ с образованием водяного вала ниже плотин.
3. Разрывы нефте-, газо- и водопроводов, разлитие нефтепродуктов, утечка газа и воды.
4. Выбросы вредных химических и радиоактивных веществ в окружающую среду, вследствие повреждения производственных объектов, коммуникаций, хранилищ.
5. Нарушение надёжности и безопасного функционирования военно-промышленных и военно-оборонительных систем, спровоцированные взрывы боеприпасов.

Приведённый выше список последствий землетрясений, скорее всего, не полон, особенно в отношении отдалённых последствий, част которых нам ещё неизвестна. Но и среди перечисленных некоторые не имеют пока достаточно определённых количественных характеристик и соответственно не могут быть оценены по степени опасности и объёму причиняемого ущерба с необходимой полнотой и надёжностью.

 Лучше других известны геологические признаки, для которых в настоящее время можно привести количественные характеристики в соотношении с силой землетрясений. Представление о размерах очагов (в проекции на земную поверхность) для землетрясений различной силы даёт таблица. (в данном случае таблица №2)

 Таблица№2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Магнитуда | Длина очага, км.  | Ширина очага, км. |
| 5,0 | 11 | 6 |
| 6,5 | 25 | 18 |
| 7,0 | 50 | 30 |
| 7,5 | 100 | 35 |
| 8,0 | 200 | 50 |

 Эти величины примерно определяют и ареалы разрушительных последствий. Как видно из таблицы(№2), эти ареалы могут охватывать площади в сотни и тысячи, а при самых сильных землетрясениях –в десятки тысяч квадратных километров.

Ясно, что столь многочисленные и существенные нарушения ландшафтной среды (и, конечно, биосферы) не могут не повлечь за собой нарушения экологических условий на этих и прилегающих площадях. Наиболее значимые и легко выявляемые выражаются в уничтожении растительного покрова, местообитания животных (а подчас и их самих, равно как и людей), в нарушениях традиционных местообитаний и наземных миграционных путей, изменении водного режима, перераспределении водных запасов, ухудшении качества кормовых угодий и т.д.

**Особенности сейсмических процессов, влияющих на природные системы.**

Среди сейсмологических процессов, имеющих прямое отношение к воздействию на среду с вероятными экологическими последствиями, выделим следующие, лишь недавно установленные особенности процесса (периода) сейсмической активизации, то есть подготовки, реализации и затухания толчков одного землетрясения или серии землетрясений.

1. Область геофизических аномалий (поля напряжений, деформации, энергетического и магнитных полей, поля силы тяжести) и аномального протекания других процессов (гидрогеологических, атмосферных, вероятно и биоэнергетических) по своим размерам обычно на порядок превышает область очага самого землетрясения.
2. Распределение возмущений и аномалий в окружающий очаг землетрясения средах неравномерно в пространстве и времени. Пространство это выражается в приуроченности и/или более резкой выраженности аномалии к особо чувствительным зонам (узлам), которые могут располагаться на удалении до сотен километров от очага. Ход аномалии во времени также неравномерен, так что всплески (экстремумы) значений подчас того же уровня, что и при основном сейсмическом событии, могут и предшествовать ему, и следовать за ним с разными интервалами времени.

Таким образом, сейсмические проявления следует рассматривать как продолжительный процесс геофизических нарушений долговременного равновесного состояния и/или развития некоторого объёма окружающей среды (во всех сопряжённых сферах), по размерам и времени далеко превосходящих место (область) и момент (период) собственно сейсмических импульсов.

Отсюда должна быть понятна и неизмеримо большая экологическая роль сейсмических и сопутствующих им процессов по сравнению с бытующими традиционными представлениями.

В качестве примера отдалённых, но вполне реальных, хотя до сих пор не изученных последствий сильных землетрясений, рассмотрим следующие связи.

Известно, что при крупных землетрясениях нередко возникают разрывы и трещины на земной поверхности. Длина зон таких разрывов достигает при сильных землетрясениях десятков и даже сотен километров. Такие разрывы, внезапно раскрываясь (возникая), служат каналами усиленной дегазации земных недр, а нередко обеспечивают и разгрузку глубинных флюидов в артезианских бассейнах. По таким каналам выносятся к поверхности огромные массы различных химических элементов и соединений –и жизненно важных, и токсичных, в числе последних тяжёлые металлы.

Соответственно этому в таких зонах изменяются ландшафтно-геохимические и биохимические характеристики в грунтах, на поверхности и в атмосфере. В последние годы установлена важная роль глубинной дегазации Земли и форсировании озоновых дыр в стратосфере, а с содержанием озона в стратосфере тесно связывают поглощение ультрафиолетового излучения, которое, в свою очередь, воздействует на ДНК и клеточные мембраны наземных микроорганизмов, определяя жизнестойкость популяции. Гибель микроорганизмов –начального звена пищевых целей –представляет серьёзную экологическую опасность. Широко известно отрицательное воздействие ультрафиолетового облучения на фотосинтез и рост растений, на животный мир, не говоря о человек. Следовательно, изменения содержания озона над очагами сильных землетрясений могут сказываться, пусть зонально и временно, на всей биоте, нарушая биохимическое равновесие и экологические условия. К этому добавляются аномалии в поступлении тяжёлых металлов, образование аэрозолей над трещинами в земной поверхности, а также аномалии в форсировании облачного покрова и размещение его вдоль линий разломов. В количественном отношении указанные процессы и их взаимные связи пока не изучены.

Другой пример недавно выявленной и достаточно неожиданной связи процессов в различных земных оболочках относится к океаническим пространствам. Регулярные измерения со спутников обнаружили, что крупные подводные землетрясения несомненно тектонической природы предваряются и/или сопровождаются тепловыми аномалиями, обычно на несколько градусов, толщи океанических вод и водной поверхности над их очагом. Таких аномалий оказывается достаточно для возникновения (изменения) турбулентных потоков в атмосфере над эпицентральной зоной и изменения циркуляционных процессов –циклональных явлений, что, в свою очередь, может заметно влиять на прибрежные островные экосистемы региона наряду с другими прямыми и косвенными воздействиями исходного сейсмического события.

 **Заключение**

Около 40% территории бывшего Советского Союза с населением не менее 50 млн. человек было отнесено к сейсмически активным районам. Для России доля таких территорий ещё недавно определялось в 20%, из них 5% считались опасными в высокой степени (зоны 8-, и9-балльных землетрясений). Эти относительно скромные цифры не должны успокаивать, ибо ряд прежних оценок оказался неточным и заниженным. С усовершенствованием и созданием новой карты сейсмического районирования России (и Северной Евразии) опасные в сейсмическом отношении зоны существенно расширились.

Но на новой карте в пределах Российской Федерации 11% территории относится к 8- и 9-балльным (при риске 10%), а для особо ответственных сооружений (при риске 1%) –до 35%. Но и на этой карте некоторые опасные зоны остались неучтенные.

Между тем результаты ряда ретроспективных исследований, показывают что даже слабые сейсмические толчки при определённом сочетании условий могут способствовать возникновению критических ситуаций. Когда речь идёт об опасных химических производствах, подземных газохранилищах, ядерных объектах, экологические последствия такого рода катастроф не требуют комментариев. К тому же во весь рост встают проблемы спровоцирования (возбужденной) сейсмичности, в первую очередь в районах крупных водохранилищ, ядерных взрывов, пусков тяжёлых ракет, массовой откачки флюидов и т.д.

Как малозначимые в экологическом отношении землетрясения могли рассматриваться лишь до тех пор,

-пока экологические проблемы и тень экологического кризиса не предстали во всём их объёме, в России особенно;

-пока человечество не достигло крайней степени экспансии на планете и не подошло к критическому уровню внедрения в природную среду и воздействия на неё, в том числе в сейсмогенных областях.

-пока землетрясения рассматривались как изолированные, строго локализованные во времени и пространстве одномоментные катаклизмы, не связанные с долговременными процессами в других сферах, составляющих среду обитания человека или влияющих на неё.

Ныне ситуация принципиально иная, и оставлять сейсмические и сопряжённые с ними процессы вне рассмотрения с экологических позиций уже нельзя.