

трясение, и постоянное определение фонового состояния, изменение которого и может дать предсказание момента начала землетрясения. Последнее означает, что космический ионозонд, предсказывающий землетрясения, должен одновременно выполнять задачи ионосферной службы, которая в настоящее время опирается только на наземные ионозонды, являющиеся основными приборами наземных ионосферных обсерваторий. Это в значительной степени усложняет сам космический эксперимент, вынуждает делать процесс обработки данных полностью автоматизированным, что, в свою очередь, приводит к необходимости создания ионозонда на основе поляризационного разделения сигналов и другим сложностям.

Однако и предложенный подход не дает достоверный прогноз, но использование параметров ионосферы для прогноза повышает достоверность.

Заключение

1. Необходим методологический новый планетарный подход к краткосрочному прогнозу.
2. Шире привлекать математический аппарат к более строгой обработке результатов наблюдений над предвестниками и самими параметрами землетрясений, обеспечивая оперативное сравнение с имеющимися данными.
3. Расширять число предвестников землетрясений, в том числе использовать ионосферные параметры землетрясений для повышения достоверности прогноза и уменьшения «порога ложных тревог», в частности, используя различия в скоростях прохождения поперечной и продольной волны.
4. Рекомендовать шире использовать искусственное вибропросечивание Земли для решения задач прогноза землетрясений и многих экологических и экономических задач.
5. Принять для каждой сейсмоактивной зоны апостериорный алгоритм прогноза землетрясения и его постоянное сравнение с предвестниковыми параметрами, хотя бы для идентичных геологических структур, идентичных геодинамических ситуаций и других научно установленных процессов в литосфере – верхней части тектонических плит.

Литература

1. Абдулаев Ш.-С.О. К проблеме прогноза сильных землетрясений. // «Вестник ДНЦ», № 23, 2006 г.
2. Приходовский М.А. «Прогноз: о возможности краткосрочного прогноза землетрясений». Известия науки, сайт Интернета, 11.03.2006 г.
3. Абдулаев Ш.-С.О., Жеребцов Г.А. // «Вопросы фундаментальных и поисковых работ», 1974 г.
4. Алексеев А.С., Абдулаев Ш.-С.О., Пушной Б.М., Виноградов Ю.И. // «Вопросы фундаментальных и поисковых работ», 1981 г.

Полимерная модель сейсмогенеза и тектогенеза

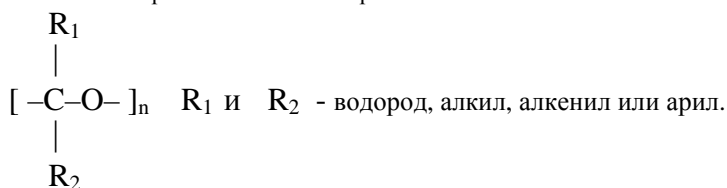
С.Х. Магидов
ИГ ДНЦ РАН

Более 90% времени подготовки землетрясений затрачивается на упругую деформацию в очаговой зоне, что отражается соответственно на показателях окружающей среды, которые можно использовать как предвестники землетрясений[1]. Чтобы повысить надежность прогноза землетрясений необходимо проведение целого комплекса исследований по литомониторингу. Однако без знания механизма формирования напряженной зоны, которая впоследствии превращается в очаг землетрясения, сложно оценить вероятность тех или иных изменений, а тем более давать надежные прогнозы.

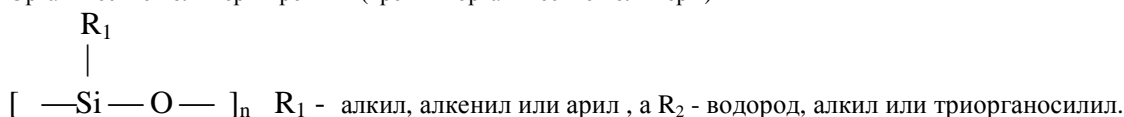
Без знания геохимических особенностей, физико- механических свойств горных пород при соответствующих показателях давления, температуры, механических напряжений и времен воздействия невозможны научно- обоснованные прогнозы. Но многие из этих данных очень сложно получить, поэтому наиболее приемлемым выходом может стать аналоговое моделирование, так как органические и неорганические полимеры имеют сходные свойства в широкой области. Об этом может свидетельствовать и определенное сходство структурных формул некоторых классов органических и неорганических полимеров[2,3].

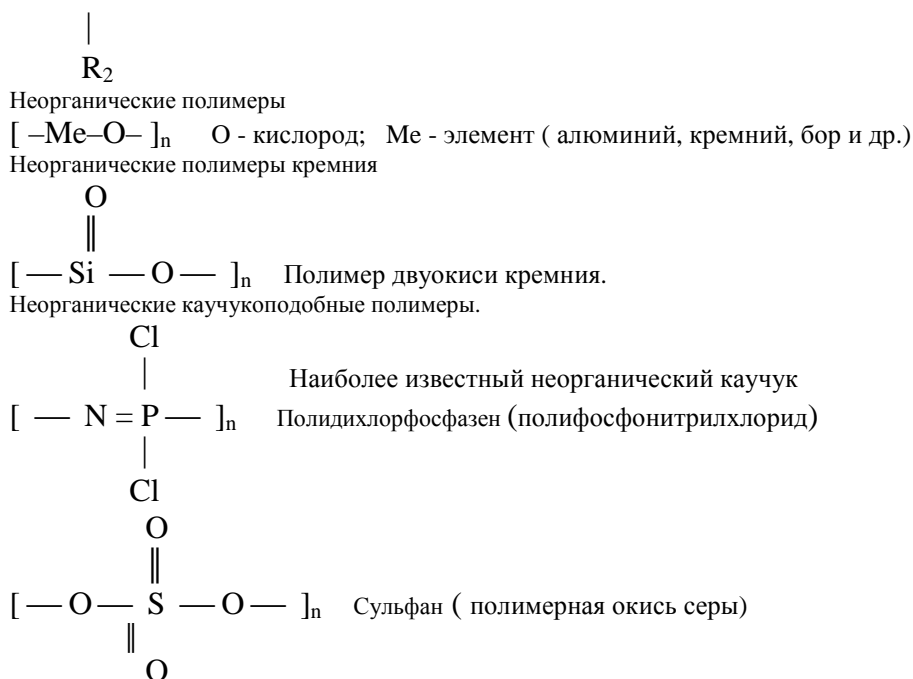
Структурные формулы некоторых классов органических и неорганических полимеров.

Органические полимеры



Органические полимеры кремния (кремнийорганические полимеры)





Обладает каучукоподобными свойствами. Деполимеризация начинается при нагреве свыше 300 °С. В вышеприведённом перечне кроме первого класса все остальные относятся к классам высокомолекулярных соединений с неорганическими главными цепями молекул, и о такого рода полимерах было достаточно известно ещё полвека назад [4]. Значительный интерес к исследованиям в данной области проявлялся как у нас, так и за рубежом еще четыре – пять десятилетий назад [5-6]. Но, к сожалению, изучение неорганических полимеров не получило столь широкого развития как исследование органических полимеров.

Данная подборка свидетельствует о возможности синтеза искусственных неорганических полимеров без всяких органических заместителей, обладающих, тем не менее, каучукообразными, эластическими свойствами. Тем более, подобные полимеры могут образоваться в недрах Земли, в которых реализуется широчайший спектр разнообразных термобарических условий, и имеется достаточное разнообразие неорганического материала различного химического состава и физических модификаций. Дополнительным подтверждением полимерной структуры горных пород является то обстоятельство, что изверженная из недр земли лава находится в вязком состоянии.

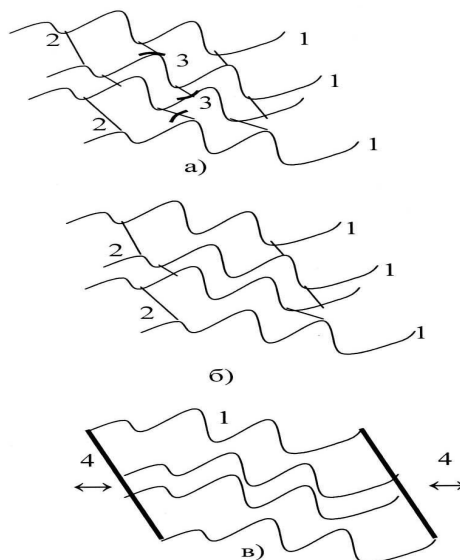
Отличительной особенностью неорганических полимеров по сравнению с органическими является сдвиг значений физико-механических показателей в высокотемпературную область, что проявляется в более высоких температурах плавления неорганических полимеров относительно органических, а также в более высоких значениях прочностных характеристик первых относительно вторых. Другой важной особенностью неорганических полимеров является то обстоятельство, что их как пластические, так и упругие свойства начинают проявляться при больших временах воздействия и нагрузках, по сравнению с органическими. При этом времена воздействия и величины механических напряжений могут превышать "рабочие" параметры органических полимеров на несколько математических порядков. При определенных сочетаниях давления, температуры механического и временного факторов у некоторых природных неорганических полимеров в земных недрах, могут возникать состояния, сходные с эластическим состоянием органических полимеров. Это тем более вероятно в связи с тем, что уже синтезированы некоторые классы искусственных полимеров, обладающих эластическими свойствами, о чём свидетельствует и вышеприведённая схема. Подтверждением этого положения является и то обстоятельство, что с глубиной растёт давление и температура, и данная закономерность позволяет сделать вывод о том, что на определённых глубинах неизбежно должны существовать такие термобарические условия, которые позволяли бы природным неорганическим полимерам проявлять, в том числе, и эластические свойства.

Уже давно известно, что многие горные породы при определенных условиях могут проявлять как упругие, так и пластические свойства, однако очень скудно представлена научная информация относительно возможности проявления эластического состояния у горных пород, которые в большинстве своем, на дневной поверхности или на небольших глубинах залегания, по сути, являются сшитыми неорганическими полимерами. С ростом глубины залегания земных пород будет происходить и закономерное повышение их температуры, вследствие чего уже на определённых глубинах начнут разрушаться шивки в сшитых полимерах (Рис 1). В определённом интервале глубин при соответствующих показателях нарастающей температуры будет происходить вначале частичное, а затем и полное разрушение шивок, что, в конечном итоге, приведёт к образованию не сшитых полимеров (в, рис.1), имеющих высокоэластические свойства. На Рис 2 показан проявление эластических свойств отдельными не сшитыми цепями полимеров. Собственно говоря, высокоэластическими свойствами могут обладать не только полимеры, у

которых отсутствуют поперечные шивки, но и малосшитые полимеры, имеющие эластичные фрагменты (рис.1, б). Некоторые причины, обуславливающие проявление упруго- эластических свойств, продемонстрированы на примере элементоорганических полимеров (рис.3). Растягивание может происходить за счет изменения конфигураций полимерных цепей под влиянием растягивающих напряжений (рис.3, б). Это касается, прежде всего, органических олигомерных фрагментов полимерной цепи (рис.3, б и г). Изменение конфигурации и удлинение полимера может происходить также и за счёт изменения угла связи элементов, являющихся составной частью элементоорганического полимера (рис.3, в). Гранитная и базальтовая оболочки при высоких значениях термобарических параметров (Р-Т условия) при медленных тектонических процессах могут, вероятно, подвергаться таким обратимым деформациям, которые можно условно квалифицировать как эластические состояния.

На рис.4 показана известная схема различных деформаций аморфных полимеров при растяжении в зависимости от температуры. Для лучшего понимания этой классической схемы следует сделать несколько пояснений.

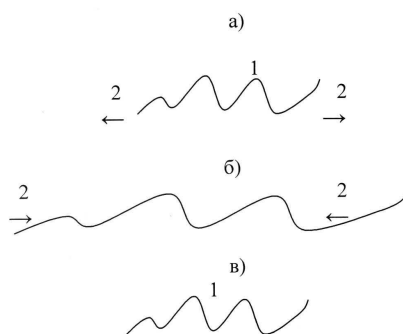
В физико- механике высокомолекулярных соединений высокоэластическая область определяется как промежуточная по физико-механическим свойствам между стеклообразным и пластичным состояниями полимеров. Ей соответствует температурный интервал между температурой хрупкости ($T_{хр.}$) и температурной пластичности ($T_{п}$). С понижением температуры полимера, начиная с температуры текучести ($T_{т}$), полимерные соединения переходят в фазу, обладающую свойствами пластичности. Дальнейшее понижение температуры ниже температуры пластичности ($T_{п}$) обеспечивает аморфным полимерам эластические свойства. Ниже температуры структурного стеклования ($T_{с}$) находится область вынужденной эластичности. В данной области при малых напряжениях эластической деформации не происходит. Приложение высоких напряжений способствует проявлению как упругой, так и эластической деформации. Таким образом, зона высокой эластичности состоит из двух участков: области эластичности и области вынужденной эластичности. Говоря об эластичности, необходимо иметь в виду, что она определяется оптимальным сочетанием таких параметров, как относительное удлинение, прочностные характеристики и необратимые деформации. Высокие значения относительного удлинения желательны для полимерных материалов, также как и высокая прочность, в то же время повышенный процент необратимых деформаций ухудшает эксплуатационные свойства полимеров, используемых в качестве эластомеров. Пластические деформации могут оказаться желательными при переработке полимеров, а также при их специфическом использовании.



а) сильно сшитый полимер ; б) редко сшитый полимер; в) не сшитый полимер.
1- полимерная цепь; 2 – поперечная шивка; 3- разрыв шивки; 4- векторы направления силы.

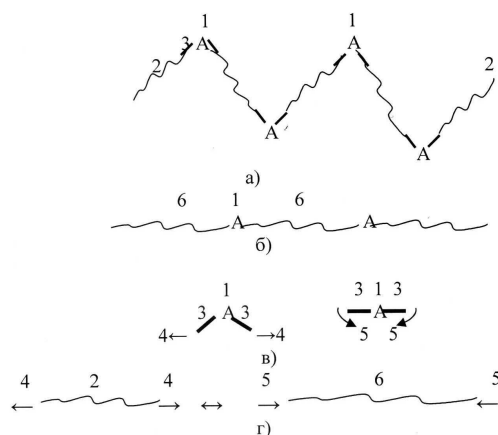
Рис. 1 Изменение структуры неорганических полимеров в зависимости от глубины залегания

С повышением температуры относительное удлинение возрастает, но одновременно с этим понижаются прочностные характеристики, и растёт доля необратимых деформаций. С понижением температуры, напротив, величина относительного удлинения снижается, но зато снижается и необратимая деформация и повышается прочность. Дальнейшее понижение температуры до области, близкой к температуре стеклования, может изменить физико-механические свойства таким образом, что каучукообразные полимеры становятся, в какой-то степени, подобны естественным неорганическим полимерам.



а) Растягиваемая полимерная цепь; б) растянутая цепь; в) исходное состояние. 1- нормальное состояние; 2- вектор направления силы.

Рис.2. Проявление упруго- эластических свойств полимеров



а) ненапряженное состояние (исходное); б) растяжённое состояние; в) растяжение за счёт изменения естественного угла связи у элемента; г) растяжение за счёт удлинения органического фрагмента. 1- элемент; 2-органический фрагмент не растянутый; 3-химические связи элемента; 4- растягивающие усилия; 5- стягивающие силы; 6- растянутый органический фрагмент полимера.

Рис. 3. Растяжение элементоорганических полимеров и силы, обеспечивающие упруго- эластические свойства

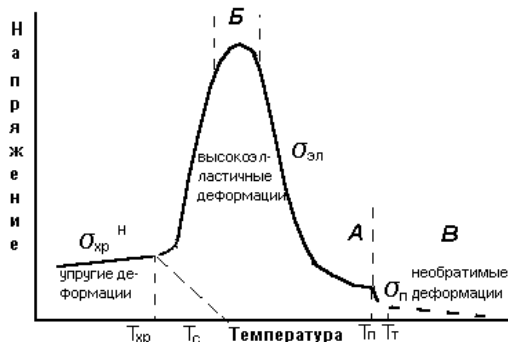


Рис. 4 Схема деформационно-прочностных состояний аморфных полимеров (при растяжении): А,Б,В - области соответственно эксплуатации,вытяжки, переработки полимеров; T_{xp} , T_c , T_p , T_t - температуры соответственно хрупкости, структурного стеклования, пластичности и текучести; σ_{xp} , σ_B , $\sigma_{эл}$, σ_p - пределы соответственно хрупкости, вынужденной эластичности, высокой эластичности и текучести (пластичности).

При малых временах воздействия высоких напряжений они могут проявлять себя как хрупкие твердые вещества, а при больших временах могут проявляться уже пластические свойства, если же времена воздействия будут очень большими, то не исключено проявление даже и свойства текучести. Всё это относится к не сшитым полимерам.

Пластическая деформация у полимеров, находящихся в высокоэластической области, может проявиться если изменить временной фактор, значительно его увеличив, при прочих равных условиях. Это означает, что временной фактор играет для проявления агрегатного состояния высокомолекулярных соединений не меньшее значение, чем температура или давление. Большие времена воздействия на полимеры, действуют в том же направлении, что и повышение температуры воздействия. Это же касается и прочностных характеристик. Так, при увеличении длительности нагружения при 20 °С на 5- 6 математических порядков прочность разных классов полимеров при растяжении может понижаться в 5- 10 раз.

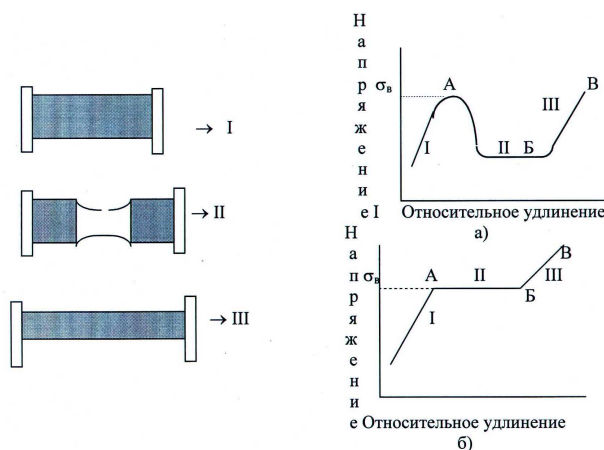
В органических полимерах высокоэластическая деформация (вд) превышает упругую деформацию неорганических полимеров примерно в $10^3 - 10^4$ раз. Высокоэластические деформации у некоторых

органических полимеров достигают величины 600-800% . При этом (вд) характеризуется низким значением высокоэластичного модуля(1-10 кг/см²). Упругая деформация у органических полимеров составляет величину 0,05-0,5 % от значений, которые характеризуют многие неорганические полимеры.

На рис. 5 приведены типичные диаграммы растяжения стеклообразных и кристаллических полимеров. У стеклообразных полимеров при росте напряжения, предшествующего образованию шейки (I) деформация растёт пропорционально напряжению и составляет величину от нескольких процентов до десятков процентов. Затем образуется шейка (II) , в которую по мере растяжения переходит вся масса образца. На III стадии деформация полимера происходит , как и в стадии I по всей длине образца, при этом увеличивается не только упругая, но и высокоэластическая деформация. В конце III стадии происходит разрыв и спад напряжения до нуля.

Аналогичные процессы растяжения, вероятно, могут происходить в недрах Земли при высоких значениях температуры и давления и с неорганическими полимерами: гранитными и базальтовыми блоками. Не исключена возможность того , что в литосфере на границе с мантией , да и в самой мантии могут реализовываться такие термобарические условия и механические напряжения , которые сделают возможной высокоэластическую деформацию некоторых участков в приграничной зоне. Если будет доказано, что подобные процессы имеют место в недрах Земли, это будет способствовать лучшему пониманию механизмов землетрясений и геодинамических процессов и распространения длинопериодных волн в геосфере на большие расстояния, начиная от суточных и кончая тектоническими движениями. Такой подход может по-новому объяснять и процессы образования антиклиналей и синклиналей, а также орогенеза.

Пластично-эластичные свойства неорганических полимеров более отчётливо могут проявляться в основном в нижних слоях земной коры, близких к мантийной области, так как термобарические условия позволяют им существовать в данном состоянии. Это если рассматривать горные породы, как цельные тела. Благоприятные условия для проявления подобного явления открываются, прежде всего, в областях с малой мощностью земной коры. Такие условия распространены в зонах с океанической земной корой, мощность которой обычно составляет величину порядка 10 км., на океанских шельфах и на прибрежной суше. Особо благоприятные условия существуют в районах, прилегающих к глубоководным океаническим желобам. Вблизи российской границы проходит глубоководный Курило-Камчатский океанический желоб, максимальная глубина которого достигает почти 10 километров. Именно здесь реализуются идеальные условия для проверки предлагаемой полимерной модели сейсмогенеза. Согласно данной модели в данном регионе должны проявляться наиболее интенсивные движения земной коры, что должно, соответственно, способствовать проявлению высокой сейсмичности. И это находит практическое подтверждение.



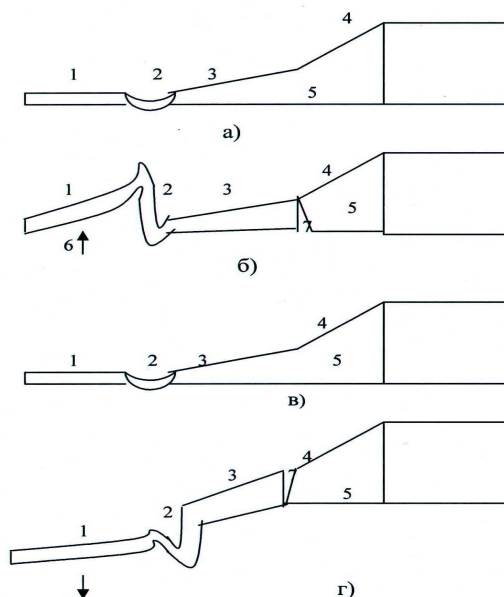
Примечание: Рис.4 и рис.5 составлены Г.М.Бартеневым

Рис.5. Типичная диаграмма растяжения полимера: а) аморфно-стеклообразного; б) кристаллического

В настоящее время зона, прилегающая к Курило-Камчатскому глубоководному океаническому желобу, является не только самой высокосейсмичной областью России, но её можно отнести к одному из районов, обладающей наивысшей сейсмической активностью в мире. В районе глубоководного желоба реализуются такие высокие значения температуры и давления, которые позволяют даже неорганическим полимерам проявлять упруго- эластичные свойства. Близость мантии к поверхности в океанической земной коре позволяет проявляться геодинамическим движениям более крупного масштаба, чем в условиях земной коры на суше, особенно в горных областях вследствие более благоприятных термобарических условий. Тут необходимо учитывать и то обстоятельство, что уклоны на континентальном склоне океана да и на самом континенте (в рассматриваемом случае это Камчатка) растут не только выше нулевой линии (линии океана) но и ниже. По оси полуострова Камчатка проходит горный массив расположенный примерно параллельно Курило- Камчатскому глубоководному желобу. Под этой горной системой находятся так называемые «корни гор», участки с повышенной толщиной земной коры. Такое геологическое строение приводит замедлению и торможению естественных геодинамических движений и, прежде все-

го, направленных перпендикулярно к указанному барьеру. Происходит эффект, подобный усилению разрушительной силы цунами на мелководье. Если данная океанская волна над глубоководными областями океана имеет скорость до 300 метров в секунду, а высота волны достигает всего нескольких метров, то на мелководье скорость распространения волны резко замедляется, а высота волны может достигать многих десятков метров. При уменьшении скорости волн, кинетическая энергия сохраняется благодаря возрастанию амплитуды. Это общий закон. Физически подобные же явления могут происходить и в геологической среде. В геосфере присутствует огромное количество волн, имеющих самые разнообразные амплитудно-частотные характеристики. Только сейсмические волны могут иметь периоды от долей секунды до сотен и тысяч секунд. Существуют и более длиннопериодные волны, а также собственные колебания Земли. Амплитуды же могут отличаться друг от друга на девять математических порядков. Длиннопериодные волны с периодами колебаний от 50 до 250 секунд, в формировании которых основное участие принимает верхняя мантия, называют мантийными. В отличие от коровых волн, мантийные затухают очень медленно, и поэтому могут распространяться на большие расстояния. Энергия их может высвобождаться при встрече с такими барьерами как «корни гор», в том числе и в виде землетрясений. А прибрежные глубоководные желоба, способные не только к упругим, но предположительно и к эластичным движениям, с одной стороны усиливают разрушительный эффект, способствуя активизации сейсмичности в прилегающей к желобу области, а с другой выполняют в определённой степени роль демпфера, предотвращая проявление сверхсильных тектонических землетрясений. Данный механизм продемонстрирован на рис. 6 и 7.

На этих схемах показано, каким образом горные породы и минералы могут участвовать в механизме подготовки землетрясений. На рис.6 представлены разные этапы воздействия на земную кору знакопеременных геодинамических воздействий. При отсутствии значительных напряжений, разрушения блоков земной коры и трещинообразования не происходит - часть а), рис.6. При воздействии геодинамических движений на океаническую кору в зависимости от силы и скорости приложения нагрузки происходит либо упруго-пластичная деформация, либо хрупкое разрушение с трещинообразованием. Образование трещин и разломов сопровождается землетрясениями. Когда воздействия происходят вертикально снизу вверх, происходит растяжение бортов океанического жёлоба 2, вследствие упруго-эластичной деформации земной коры с вектором, направленным вверх – б, часть б). Эластическая деформация желоба воздействует на земную кору по обе стороны желоба. Толщина земной коры на шельфе, в направлении к берегу, и в прибрежной части вглубь суши неуклонно нарастает, вначале с пологими уклонами – 3, рис.6, а затем с крутыми - 4, рис.6. При наличии гористой местности в регионе, с продвижением вглубь суши уклоны, как правило, возрастают. Одна из наиболее вероятных областей разрушения является линия перехода больших уклонов в малые, при этом на этой линии могут образовываться крупные трещины и разломы, сопровождаемые землетрясениями.

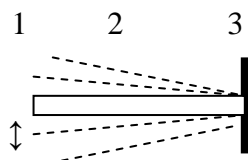


а), в) – отсутствие значительных напряжений; б) – направление воздействия снизу вверх; г) направление воздействия сверху вниз. 1- океаническая кора, 2- океанический желоб, 3 – поверхность с малым уклоном; 4- поверхность с большим уклоном; 5- монолитная горная порода; 6- направление воздействия геодинамических нагрузок; 7- трещина, разлом или область, испытывающая растяжение.

Рис. 6 Образование трещин и разломов в горных породах под воздействием переменных геодинамических нагрузок в близости от глубинных океанических желобов.

Это положение подтверждается, кроме всего прочего, и тем обстоятельством, что подавляющая часть разломов на Камчатке и на Курилах ориентированы параллельно береговой линии и глубоковод-

ному Курило-Камчатскому желобу. Такие линии являются как бы линиями сгиба, по которым происходит разрушение при сильных геодинамических воздействиях. Трещины (7, рис.6) в данном случае при растягивающих усилиях должны появляться, прежде всего, снизу. Но в нижней части коры они могут и не образоваться, так как растяжение в данных термобарических условиях может привести только к упруго-эластической деформации, которая при снятии напряжения вернется в исходное состояние. Затем в результате геодинамических процессов и в ходе релаксации напряжений происходит возвращение системы в исходное состояние – часть в), рис.6. Когда вектор воздействия сменится на противоположный, также произойдет упруго-эластическое растяжение бортов глубоководного желоба и, соответственно, воздействие на линию сгиба с образованием трещин (часть г), рис. 6). Но в данном случае, растягивающие усилия будут направлены таким образом, что трещины должны будут образоваться в верхних слоях земной коры (7, часть г), рис. 6). На этом этапе образование поверхностных трещин более вероятно, чем в предыдущем случае.



1-направление колебаний, 2. Тонкая часть монолитного блока
3. толстая часть блока.

Рис.7. Колебания земной коры при знакопеременных нагрузках

В последующем геодинамические движения и релаксация вернут систему в исходное состояние. Мы рассмотрели только один цикл, в действительности же, их происходит множество и они, в конце концов, приводят к образованию трещин и разломов и способствуют проявлению повышенной сейсмической активности. Процессы колебания земной коры проиллюстрированы на рис.7. При этом тонкая часть блока (2, рис. 7) представляет собой тонкую океаническую кору, которая является менее жесткой по сравнению с континентальной корой (3, рис. 7), и способной проявлять упруго-эластические свойства в достаточной степени. При знакопеременных нагрузках тонкой части монолитного блока 2, рис.7 в месте приращения его к толстой части блока (3, рис.7) на линии сгиба наиболее вероятны повреждения и разрушения, которые и будут причиной землетрясений.

Локализация землетрясений относительно Курило-Камчатского желоба в районе полуострова Камчатка показана на рис.8. Большинство из них расположено в зоне параллельной желобу и берегу на удалении, не превышающем сто километров. При этом, в данном районе произошло пять сильнейших неглубоких землетрясений магнитудой свыше 8,1 [7].

Изучение данных аспектов геологии позволит добиться не только успехов в деле прогнозирования сильных землетрясений и выявлять причины и ход геодинамических движений в широком спектре, но и позволит изучать вещественно-фазовый состав недр и закономерности изменения термобарических свойств геосистемы с глубиной. Для этого, естественно, потребуется новая аппаратура, использующая для работы более длиннопериодные колебания. И уже сегодня непреодолимых препятствий для создания подобной аппаратуры не имеется. В случае, если в рассмотрение включить и более сложные системы, то окажется, что упруго-пластические свойства могут проявляться не только в мантии и в нижних слоях земной коры, но и в осадочном чехле. Полимерная модель сейсмогенеза позволяет включать в рассмотрение не только монолитные блоки горных пород как основу для соответствующих выводов и рассуждений, но и осадочные породы, в том числе и неконсолидированные. Осадочные породы верхних слоев земной коры, которые еще не успели превратиться в непроницаемые монолиты, в плане упруго-пластических свойств, по-видимому, можно рассматривать по аналогии с пластмассами, как композиционные материалы. В данной системе песок, глина и другие породы могут играть как роль основного каркаса, так и роль наполнителей, в зависимости от степени цементации. В пелитовых фракциях, имеющих размеры меньше чем 10^{-6} м, встречаются и особо мелкие фракции, которые могут быть отнесены к наночастицам. О том, что такие мелкие частицы реально существуют в природе свидетельствует способность глин, особенно бентонитовых и иллитовых образовывать с водой гели [8]. Вероятно, именно они в сочетании жидкими флюидами, особенно с водой, вносят основной вклад в образование высоковязких систем. С понижением доли воды вязкость системы пелит-вода нарастает. Полное испарение воды под действием высокой температуры и соответствующих каналов дефлюидизации, может превращать данную систему из вязкой в хрупкую, но намного более прочную. Если такие процессы происходят на обширных площадях, то это может препятствовать проявлению естественных геодинамических процессов. В результате этого в подобных зонах могут накапливаться напряжения, которые, в конечном итоге, будут способствовать проявлению землетрясений. Ещё больший эффект может проявиться в случае если глинистые наночастицы под воздействием жидких флюидов цементируются и образуют аргиллиты, пелитолиты или пелолиты. Строго говоря, образование вязких систем, а затем хрупких и цементированных пород возможно и с участием субалевритов, которые с течением времени могут преобразоваться в субалевролиты. Те же

процессы могут происходить с участием обломочных пород широкого гранулометрического состава песчано-алевритово-пелитовой группы, необходимо только присутствие определенной доли мелкодисперсных фракций. Но наибольший эффект достигается именно при участии глинистых наночастиц. Жидкие флюиды, такие как вода, нефть и другие выполняют как роль наполнителей, так и роль пластификаторов. Газообразные же флюиды обеспечивают в основном упругие свойства наряду с жидкими флюидами и твердой фазой в процессах сжатия. Жидкости вносят определенный вклад в упругость преимущественно при высоких значениях давления и температуры, то же относится и к минералам. Например, углеводороды, сжиженные при больших давлениях, могут изменять объем всего лишь на несколько процентов. При этом необходимо учитывать, что с глубиной температура нарастает. Флюиды, которые на поверхности были жидкостями, на глубинах могут превращаться в газообразные вещества. Если принять в качестве геотермического градиента величину – 30 то уже на глубине трёх километров температура должна достигать 100 °С, и если бы параллельно не возрастало давление в земных недрах, то вся вода глубже этого уровня уже существовала бы только в виде газа. Агрегатное состояние флюида определяется в основном термобарическими условиями, но в любом случае флюиды придают системе упругие свойства. Вообще же флюидная система жидкость- газ при наличии высоких значений температуры и давления обеспечивает демпферные свойства в недрах Земли. Если в какой-то области в верхних слоях земной коры, обладающей флюидной системой, произошло снижение давления, то тут же жидкая компонента преобразуется в газообразную и это помогает геосистеме поддерживать равновесие.

Вулканические же породы: базальт, гранит и другие также обладают упругостью, но если испытания проводить при повышенных температурах порядка сотен градусов, больших напряжениях и временах воздействия, исчисляемых годами и веками, то, возможно, эти горные породы будут иметь даже упруго-эластические свойства в данном диапазоне. При подобных воздействиях удлинение может составлять десятки процентов. С другой стороны относительное удлинение будет не таким большим, как в каучуках, так как при более высоких значениях температур и напряжений, вероятнее всего, будет происходить и необратимая деформация за счет разрыва швов, а также и самих полимерных цепей, что может приводить к постепенному изменению формы блока. Такую деформацию следует рассматривать как упруго-пластичную, при этом пластичная деформация будет больше, чем упругая при более высоких значениях напряжений и температур.

Упруго-пластичные свойства в осадочных породах в естественных условиях проявляются в основном в процессах сжатия, а в искусственных органических полимерах в основном связаны с процессами растяжения. Но, если сложные системы в процессе диагенеза (уплотнения) достигли определённой прочности, они могут проявлять упруго-пластичные свойства и в процессах растяжения. Это касается, прежде всего, таких горных пород, как алевролиты, аргиллиты, пелолиты, глинистые сланцы и другие. В гранитно-базальтовом слое проявляются упругие свойства и при растяжении и при сжатии. Количественные соотношения между упругой и пластической деформацией в условиях высоких температур и давлений при различных временах воздействия очень трудно дать без специальных экспериментов, а такие эксперименты проводятся в ограниченном количестве. О многих процессах, протекающих в глубинах Земли с природными неорганическими полимерами, мы, вероятно, сможем судить по аналогии с поведением органических полимеров, хотя перспективными могут оказаться исследования по изучению недр Земли длинопериодными волнами, как искусственно генерируемыми, так и природными.

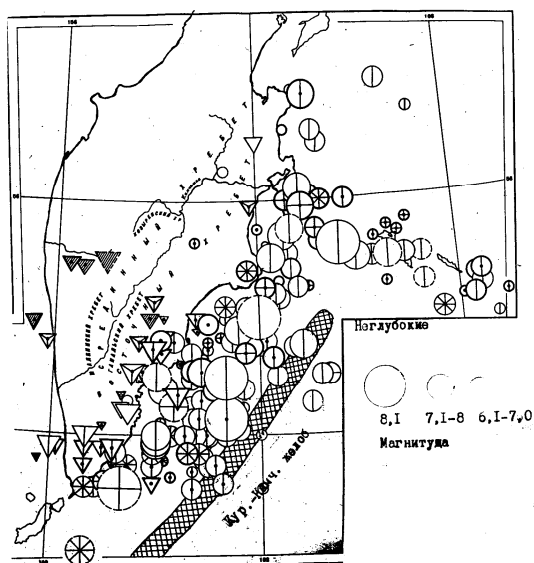


Рис.8. Землетрясения Камчатки (до 1975 г.) [7].

Органические каучукоподобные полимеры при низких температурах и очень малых временах деформаций порядка долей секунды не успевают проявить высокоэластические состояния или проявляют их в очень малой степени, напоминая по свойствам неорганические полимеры. Данное явление позволяет

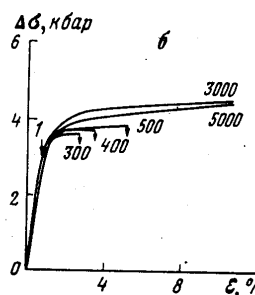
подойти к моделированию физико-механических свойств горных пород с использованием органических полимеров. Хотя это и сложно, можно попытаться провести и эксперименты и на реальных горных породах в режимах, реально моделирующих состояния в недрах при высоких значениях Р-Т условий, очень больших временах воздействий и больших механических напряжениях. И определенные эксперименты проводятся, но к сожалению в недостаточном количестве.

При определении физико-механических свойств горных пород в недрах Земли, мы можем проводить эксперименты по моделированию геодинамических процессов с использованием в качестве аналогов органические полимеры. На их основе намного проще изучать различные физико-химические процессы, условия образования данных полимеров и их физико-механические показатели. Особую ценность могут представлять исследования по изучению свойств в критических областях, например, близких к температуре плавления, при различных механических воздействиях. Использование различных мономеров, катализаторов и других добавок позволяет варьировать свойства в очень широкой степени. Очень ценную информацию может дать изучение процессов полимеризации и деполимеризации, а также межмолекулярных взаимодействий и механизмов, по которым могут проявляться упруго-пластичные свойства. Межмолекулярные взаимодействия будут сильно зависеть от структуры полимеров и условий. Прямые линейные молекулы, взаимодействуя между собой, образуют плотную упаковку и линейные структуры. К таким прямым линейным полимерам относятся полимеры типа полиэтилена. Линейные полимеры большой молекулярной массы с громоздкими неполярными заместителями могут сворачиваться в клубки, образуя глобулы, либо перепутанные между собой нити. При механических воздействиях достаточной интенсивности они способны вытягиваться, а затем при снятии напряжений, возвращаться в исходное состояние, т.е. обладают упругостью. Многие неорганические полимеры обладают не только упругими свойствами, но в определенной области температур могут находиться и в эластическом состоянии. Возможно, в недрах Земли существуют такие физико-химические условия, при которых могут образовываться неорганические полимеры такой структуры, которые при определенных физических условиях обладали хотя бы в определенной степени эластичным состоянием [9].

Подтверждение гипотезы о том, что в глубинных зонах земли известняки, базальты и другие породы могут проявлять упруго-эластичные свойства приводятся в работах [10-12] и продемонстрированы на рис. 9, рис.10 и рис. 11.

Не только горные породы, состоящие из неорганических полимеров в принципе способны проявлять свойства, подобные высокоэластичности органических полимеров, но и даже металлы.

При высоких значениях температуры и давления кривые деформации от напряжения известняков (рис.9 и рис.10), а также кривые деформации базальтов (рис.11) очень напоминают кривые деформации органических полимеров, приведенных на рис.5. Это является лишним подтверждением тезиса о подобии свойств неорганических и органических полимеров, и усиливает позиции полимерной модели сейсмогенеза в интерпретации физико-химии очагов землетрясений, а также самого механизма сейсмогенеза. В более широком плане данная модель позволяет более логично объяснять также механизмы тектогенеза и орогенеза. Для правильного понимания природы среды, определяющей механизм сейсмогенеза и тектогенеза необходимы обширные исследования. Но отсутствие правильного подхода при изучении данных явлений может сделать их бесполезными. Предлагаемая модель может внести определенную ясность в понимании процессов подготовки землетрясений и дать новый импульс в развитии прогноза сейсмичности.



Цифры у кривых - всестороннее давление.

рис.9.графики напряжение-деформация в зависимости от всестороннего давления при 400°С для известняка [10,12].

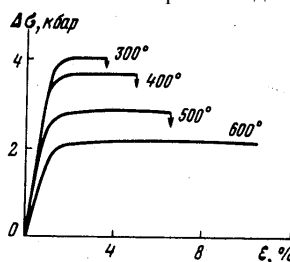


Рис.10. Графики напряжение- деформация в зависимости от температуры при всестороннем давлении 400 бар для известняка[10,12].

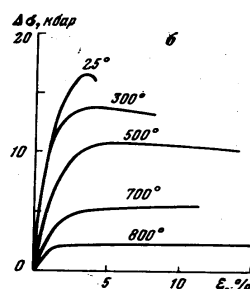


Рис.11. Графики напряжение-деформация для базальтов в опытах на сжатие при всестороннем давлении 5 кбар и при различной температуре [11,12]

Можно сформулировать некоторые наиболее общие положения полимерной модели.

1. Процессы подготовки и сработки землетрясений происходят в полимерной среде и определяются физико-химическими и физико-механическими свойствами этой среды, изменяющейся по собственным закономерностям в соответствии с изменениями термобарических и иных условий.

2. Свойства полимерных материалов существенно отличаются от свойств твёрдых, кристаллических тел и жидкого вещества тем, что за исключением крайних состояний, они находятся в промежуточном, упруго-вязком состоянии.

3. Деформирующие напряжения и релаксация напряжений в ходе подготовки землетрясения определяется временем и интенсивностью воздействия, а также соотношением свойств полимерного субстрата: упругости, эластичности и пластичности в зависимости от термобарических условий.

4. В зависимости от величины нагрузки и скорости нагружения в геологической среде происходят обратимые и необратимые деформации. При превышении скорости возникновения напряжений над процессами релаксации при достижении порога прочности происходит разрыв с трещинообразованием, что проявляется в виде сейсмического события.

Литература

1. Pevnev A.K. On a new Strategy of the Earthquake Forecast// Journal prediction Research, 1995, v 4, N 1, p. 123.
2. Неорганические полимеры// Энциклопедия полимеров. М., 1974, т.2, С.363- 371.
3. Андрианов К.А. Полимеры с неорганическими главными цепями молекул, М., 1962
4. Неорганические полимеры, под ред. Ф. Стоуна и В. Грэхема, пер.с англ., М., 1965.
5. Ван Везер Дж., Усп. хим. 28, 1108(1969)
6. Бартенев Г.М. Строение и механические свойства неорганических стекол, М., 1966.
7. Карта эпицентров сильных землетрясений// Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М., Наука, 1977, С.532
8. Глинистый раствор// Горная энциклопедия. М., 1986, т.2. С.71.
9. Магидов С.Х. Полимерная модель происхождения землетрясений и проблемы глобальной геоэкологии //Материалы 14 научно-практической конференции по охране природы Дагестана. Махачкала, 1997. С.236-237.
10. Н.С. Heard. Transition from brittle fracture to ductile flow Solenhofenelimestone as a function of temperature, confining pressure and interstitial fluid pressure.- Rock Deformation, 1960, № 4.
11. D.Griggs et al. Deformation of rocks at 500° to 800° C.- Rock Deformation. 1960, № 4.
12. Соболев Г.А., Шамина О.Г. Современное состояние лабораторных исследований процессов разрушения применительно к физике землетрясений// Физика очага землетрясения. М., Наука, 1975. С.68-90.

Сейсмомониторинг и оценка сейсмического риска территории Дагестана

В.И. Черкашин, С.А. Мамаев, Р.А. Магомедов

ИГ ДНЦ РАН

Одной из основных задач сейсмомониторинга, прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска является теоретическая разработка усовершенствования методов расчета сооружений на сейсмические воздействия, критериев проверки результатов выбора оптимальных решений в области сейсмостойких конструкций и надежности существующих зданий. Кроме этого, полученные данные используются для оценки балльности при сейсмическом микрорайонировании и районировании городов и населенных пунктов. Информация, получаемая на станциях ИСС, позволяет осуществить инженерный анализ сейсмического воздействия землетрясения на здания и сооружения, возведённые на площадках с различными грунтово-геологическими условиями.

Сейсмомониторинг включает в себя инженерно-сейсмометрические и сейсмические станции, расположенные в создаваемом сеймопрогностическом полигоне и позволит решать следующие задачи: обеспечить МЧС Дагестана прогностической информацией о степени возможных разрушений строительных объектов расположенных на территории республики, проводить оперативный сбор и доведение информации о последствиях сильных землетрясений Дагестана до органов законодательной и исполнительной власти, участвовать в разработке нормативных документов по вопросам защиты населения, объектов народного хозяйства и территорий от разрушительных землетрясений, в том числе и развитие системы инженерно-