

УДК 551.583.1

**ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ
ТЕМПЕРАТУРА АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ**

Канд. техн. наук Е.Т. Тулекбаев

Канд. физ.-мат. наук М.С. Хайдаров

Рассмотрена возможная связь между геодинамическими явлениями и вариациями глобальной температуры Земли за последние 20 лет. После сильнейших землетрясений имеет место подъем температуры атмосферы с запаздыванием примерно 0,5...1 год, что можно объяснить ростом эмиссии метана от угольных бассейнов вследствие значительного увеличения сейсмотектонических напряжений земной коры. Предполагается, что в последствие этот угольный метан, как парниковый газ, участвует в повышении глобальной температуры. Эта геодинамическая эмиссия метана скорее антропогенная по вызвавшим их причинам и естественная по силам, их произведшим. Необходим пересмотр действующих правил по подсчету эмиссии угольного метана.

Основными газами, способствующими перегреву атмосферы Земли, являются водяной пар, углекислый газ и метан. Главными источниками этих газов принято считать естественные природные объекты, промышленность, сельское хозяйство. Природная среда остается при этом как бы за скобками и иногда считается, что имеется некий природный механизм регуляции, сохраняющий достаточный температурный баланс. В научной среде идет активная дискуссия о пагубном влиянии человеческой деятельности в деле перегрева атмосферы. Меньшая часть ученых связывает рост температуры атмосферы с естественными природными процессами.

В данной работе рассматриваются некоторые факты, свидетельствующие о многочисленных источниках неучтенного природного метана, попадающего в атмосферу. Кроме того, показана возможная связь между сейсмотектонической активностью и состоянием атмосферы. В качестве ярких примеров выделяющегося в атмосферу природного метана служат так называемые газодинамические явления (ГДЯ), происходящие на глубоких угольных шахтах. Теория и практика этого явления изучены достаточно подробно и в больших масштабах. Из множества работ, посвященных этому опасному явлению, интересна теоретическая работа [5], в которой природа ГДЯ объясняется с позиций механики сплошной среды.

Наибольшую опасность представляет собой метан из твердого химического раствора, который буквально взрывается при возникновении разгрузки общего механического давления. Причиной ГДЯ авторы считают наличие газоносных углей, приближение забоя шахты к этим углям, механическое взаимодействие зоны разгрузки забоя и процессов газовыделения в угольных породах. Не отрицая такого объяснения, мы полагаем, что это не единственно возможное стечение обстоятельств в условиях земной коры.

Дилатансия земной коры, как причина газодинамических явлений

В механике разрушения хорошо известно так называемое явление дилатансии, заключающееся в увеличении объема материала твердого тела при сжатии за счет трещинообразования. Это явление возникновения дополнительного объема и (или) зоны разгрузки возникает, в частности, при начале разрушения горных пород в некотором объеме земной коры под воздействием больших сейсмоструктурных напряжений [2]. В сейсмологии наблюдали и эффекты дилатансии, которые и не заканчивались каким-либо землетрясением. Надо полагать, явление дилатансии является достаточно распространенным механизмом преобразования земной коры.

Дилатансия в земной коре наблюдается, например, по результатам точных геодезических измерений, в виде вспучивания земной поверхности на достаточно больших участках размерами в десятки километров. Такие измерения производились в связи с сильными землетрясениями. Менее заметные следы дилатансии, надо полагать, распространены повсеместно.

Мы предполагаем, что при возникновении ГДЯ возникает эмиссия взрывного характера с объемами выброшенного метана в десятки и первые сотни тысяч кубометров, о чем свидетельствуют аварии и размеры полостей ГДЯ в угольных шахтах. Время образования ГДЯ, или переход основной масса газа, накопленного в угле, при его диспергировании в свободный газ равно $0,01 \dots 0,1$ секунды [3] что соответствует аналогичным параметрам промышленных химических взрывов. С физической точки зрения химический промышленный взрыв является быстро расширяющейся сферой. Автором данной работы, ранее по записям сейсмических станций, химические взрывы анализировались достаточно подробно [4]. Эти события, обычно, имеют заметную прямую продольную Р-волну и очень слабую поперечную S-волну, или, вообще, ее отсутствие. Газодинамическое явление также является быстро расширяющейся сферой [5]. Работа по регистрации сейсмических событий на территории Казахстана ведется достаточно скрупулезно Институтом геофизических исследований НЯЦ РК. Основная часть регистрируемых событий относится к землетрясениям, меньшая к промышленным химическим взрывам. Среди них заметную

часть можно отнести к ГДЯ. Для доказательства этого предположения рассмотрим рис. 1, где представлено суточное распределение всех регистрируемых сейсмических событий за 20.11.02, взятое с сайта Казахстанского Национального Центра данных (kndc.kz) ИГИ НЯЦ Республики Казахстан в диапазоне магнитуд $\leq 2 \dots 5$. Относительно невысокая точность построения эпицентров на этих картах не имеет значения для выводов представленных в данной работе.

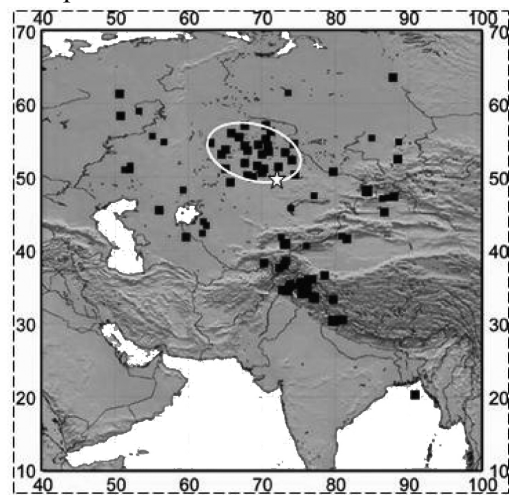


Рис. 1. Суточное распределение всех регистрируемых сейсмических событий за 20 ноября 2002 г. Черные квадраты – сейсмические события, размер которых пропорционален магнитуде. Звездочкой отмечено расположение действующих глубоких угольных шахт АО «АрселорМитталТемиртау». Эллипсом отмечена группа событий преимущественно в пределах Карагандинского угольного бассейна.

Отметим, что, через 4 дня, 24 ноября 2002 г., имело место – мощное газодинамическое явление с выбросом шахтного метана и угольных пород, унесшее 13 жизней горняков. По данным местных СМИ это трагическое событие произошло на шахте Ленинская. Метан через шахтные сооружения был выведен в атмосферу.

Месторасположение шахт органично вписывается в эллипс, которым аппроксимируется вся эта внезапно возникшая группа очень слабых сейсмических событий. И это не случайно. Согласно нашей модели полей напряжений в окрестности большого разлома, должна иметь место зона дилатансии в центральной его части [2], которая проецируется на горизонтальную поверхность в виде эллипса. Она возникает в условиях горизонтального сжатия жесткой плоскопараллельной среды на упруго-пластичном основании. Все эти условия выполняются для земной коры Казахстана, особенно для Карагандинского угольного бассейна, который занимает примерно половину южной стороны эллипса на рис. 1. Осталь-

ная часть эллипса простирается частично на Южный Урал и юг Сибири, где тоже развиты осадочные комплексы.

По сейсмическим каталогам ГДЯ должно выглядеть как очень слабое событие. Это видно на рис. 2, где выделенная эллипсом группа с рис. 1 представлена в увеличенном виде. По имеющемуся каталогу эти события имеют магнитуду меньше 1 и в ряде случаев меньше нуля! При массовой обработке сейсмологического материала такие слабые события могут быть отнесены к промышленным взрывам.

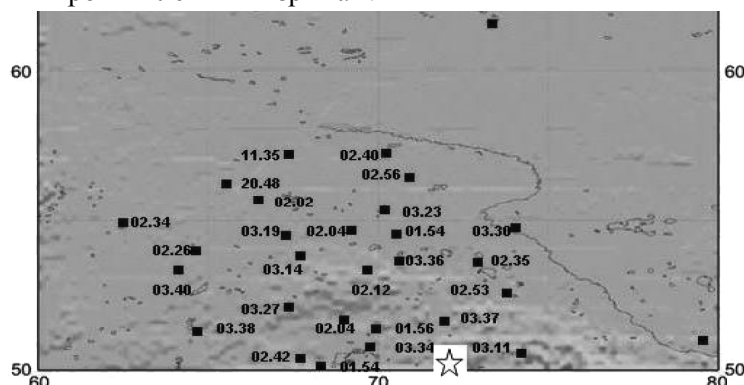


Рис. 2. Эллипс с рис. 1 в увеличенном масштабе. Каждому событию приписано время возникновения.

Как видно на рис. 2 все события произошли в очень короткий период с 01 ч 54 мин до 03 ч 40 мин, за исключением двух северо-западных событий в 11 и 20 часов. Сразу отметим, что просто невозможно произвести такое большое количество химических взрывов в столь короткое время на такой огромной площади. Но возникновение десятков ГДЯ вполне возможно в зоне градиента напряжений. Можно было бы предположить, что среди отмеченной группы событий имеют место и просто слабые землетрясения. Но по окончательному каталогу ЦД ИГИ НЯЦ за тот же день слабые землетрясения среди этой группы событий не выявлены, что подтверждает наши предположения о природе этих явлений. Таким образом, имеются основания считать данную пространственно-временную группу сейсмических событий газодинамическими явлениями.

Определенное количество шахтного метана, как мы отмечали выше, попало в атмосферу (авария на шахте). Остальные ГДЯ, по нашему предположению, произошли благодаря возникновению зоны механической разгрузки в результате обширной дилатансии в пределах Карагандинского угольного бассейна. Важно отметить, что эта зона дилатансии (в нашем случае, в роли зоны разгрузки) произошла в пределах обширного угольного бассейна. Уголь, как известно, отличается большой хрупкостью и низкой прочностью, что создает идеальные условия для возникновения

дилатантных зон и (или) явлений. Отметим, что дилатантная зона является зоной механической разгрузки и не может не вызвать взрывной реакции угольного метана третьего типа, по версии [3].

Таким образом, из данного анализа мы можем полагать, что на рис. 1. отражено массовое явление эмиссии метана в условиях угольного бассейна под воздействием сейсмоструктурных напряжений, действующих в осадочных толщах угольного бассейна в верхней части земной коры. Примечательно, что данная эмиссия является неучтенной, согласно действующим в настоящее время правилам учета угольного метана. Отметим также, что только за этот день эмиссия могла составить многие сотни тысяч кубических метров, так как в среднем одно ГДЯ выбрасывает около 200 тыс. м³ метана.

Метан, рожденный в предполагаемых нами дилатантных зонах, эмитирует в атмосферу через трещиноватые зоны, которые особенно распространены в зонах разломов, в местах контакта угольных пластов с разломами, в местах изгибов угленосных слоев и других неоднородностях угольного бассейна. В таком случае, можно предполагать наличие постоянно действующего механизма эмиссии неучтенного метана на угольных бассейнах через механические неоднородности земной коры в ее верхней части, в частности, в угольных бассейнах. Это в свою очередь предполагает необходимость пересмотра действующих правил по подсчету эмиссии природного метана.

Итак, под действием постоянных горизонтальных сейсмоструктурных сил, согласно нашим предположениям, перманентно происходит неучтенная эмиссия угольного метана в атмосферу, причем в заметных количествах. Последнее обстоятельство важно в свете того, что угольный метан отличается повышенным парниковым эффектом – в 21 раз больше, чем двуокись углерода.

Можно предположить, что в отдельные дни эмитируют сотни тысяч кубических метров метана. Однако это требует отдельной тщательной проверки. Карагандинский угольный бассейн является относительно небольшим по сравнению с Кузнецким или Донецким, не говоря уже об угольных бассейнах Северной Америки, Китая и др. Если предлагаемый нами механизм имеет место повсеместно – практически на каждом континенте, то масштабы такой взрывной эмиссии метана должны быть весьма ощутимы в планетарном масштабе. Ведь базовые условия одинаковы везде: обширные угольные бассейны в виде хрупких угольных пластов в верхней части земной коры (глубина залегания 0,3...2 км) и сейсмоструктурные напряжения, деформирующие и разрушающие верхнюю, твердую часть земной коры (5...7 км).

Глобальный сейсмический режим и вариации температуры атмосферы Земли

В нашем предположении все угольные бассейны планеты перманентно эмитируют агрессивный шахтный метан в атмосферу. Причем это происходит в виде газодинамических явлений за доли секунды, то есть носит взрывной характер. В таком случае это должно прямо влиять на парниковый эффект, правда, с некоторым запаздыванием. Запаздывание по времени необходимо для достаточного и повсеместного проникновения угольного метана в воздух через зоны разломов (и/или трещиноватые зоны), и перемешивания его в атмосфере. Как и ожидалось, это может занять несколько месяцев, видимо, необходима смена времен года.

На рис. 3 показана общая связь между временным ходом сейсмичности всей планеты (тонкая линия) и вариациями усредненной температурной кривой атмосферы Земли (утолщенная линия) по данным www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming. На рис. 3 представлены все землетрясения с магнитудами от 5 и выше. Тонкой линией авторами проведена огибающая по максимальным значениям магнитуд. Утолщенной линией показана усредненная температурная кривая Земли за последние 19 лет (без линейного тренда). Звездочкой в правой части указано мощное землетрясение в Чили 27 февраля 2010 г. с магнитудой 8,8. Стрелкой показано возможное увеличение средней глобальной температуры в 2010 г., в связи с этим землетрясением, так как сильнейшие землетрясения до этого коррелировали с ростом средней температуры Земли.

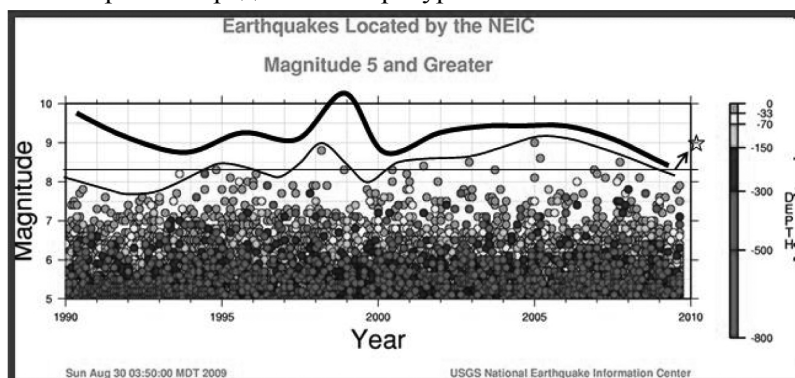


Рис. 3. Сейсмичность Земли за последние 20 лет. Данные Геологической Службы США.

Опытным путем мы определили границу между сильными и сильнейшими землетрясениями по значению магнитуды равному 8,3. Землетрясения меньшей магнитуды мы считаем сильными, а $M \geq 8,3$ сильнейшими. Огибающая сильных землетрясений отражает периоды, когда зем-

ная кора подвергалась большим сеймотектоническим напряжениям, что приводило к сильнейшим землетрясениям. Явно видны три локальных максимума: в 1995, 1998, 2005 годах, связанных с сильнейшими землетрясениями, с магнитудой выше значения $M = 8,3$ (26 декабря 2004 г., Суматранское землетрясение с магнитудой от 9 до 9,5 по разным источникам). Также прослеживаются три минимума по сейсмичности в 1992 ± 2 , 1997 и 1999 годы, ниже значения 8.3.

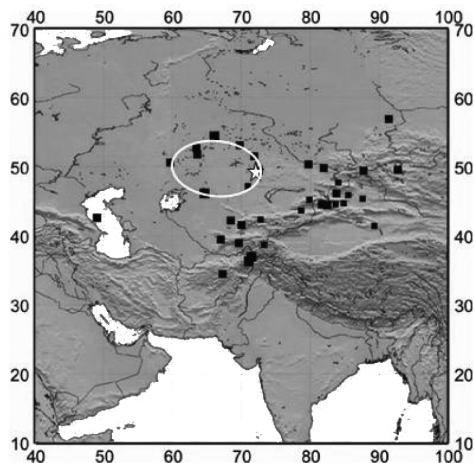
Всем трем сейсмическим максимумам соответствуют три максимума на кривой вариаций температуры Земли со сдвигом примерно в половину года. Также трем сейсмическим минимумам соответствуют три минимума температуры с похожим сдвигом. В обоих случаях вариации температурной кривой отстают по времени примерно на половину года и более.

Наличие такой корреляции говорит в пользу нашей предлагаемой модели. Но, конечно, это еще требует серьезных доказательств, так как, по нашему мнению, очень большой вклад в вариации температурной кривой вносят другие природные процессы, например, вулканическая деятельность. Вполне возможно, что сейсмичность, и вулканическая деятельность, отражающие активность тектоники плит Земли, действуют синхронно. Однако, вулканическая деятельность приводит к снижению температуры атмосферы и может только нивелировать предлагаемый нами метановый эффект. Вполне вероятно, что метановый эффект вносит большой вклад, так как угольные бассейны имеют обширное распространение на всех континентах и могут производить эмиссию метана перманентно.

Звездочкой в правой части рис. 3 указано мощное землетрясение в Чили 27 февраля 2010 г. с магнитудой 8,8, произошедшее во время написания статьи. Это навело нас на предположение, что процесс деформации земной коры и, следовательно, эмиссии метана происходят перманентно, подчиняясь квазипериодичности сильнейших землетрясений. В таком случае, стрелкой показано возможное увеличение средней глобальной температуры в 2010 г., так как сильнейшие землетрясения до этого коррелировали с ростом средней температуры атмосферы Земли. Например, аналогичная ситуация была до 1998 г. – одно подобное землетрясение $M = 8,8$ вызвало локальный максимум уровня сейсмичности и локальный подъем в виде максимума температуры в 1998 г. Если это так, то ожидаемое повышение средней глобальной температуры в 2010 г. может подтвердить наш подход в вопросе выяснения причин аномального роста температуры Земли и уровня влияния метанового вклада в парниковый эффект.

Впрочем, и в более спокойные периоды, выявленная нами эмиссия метана взрывного характера имеет место. Например, в середине 2009 г. имело место аномальное распределение сейсмических событий в виде эллипса за десять дней до очередного трагического выброса метана и угольной пыли, собственно ГДЯ, рис. 4.

Отметим, что 2009 год был годом просто сильных землетрясений. Это период с уровнем магнитуд ниже 8,3, в то время как 2002 год (рис. 1) характеризовался нами как год сильнейших землетрясений с $M > 8,3$. Да и сейсмических событий, которые мы считаем проявлением ГДЯ, на рис. 1. гораздо больше, чем в относительно «мягком» 2009 году на рис. 4. Этот факт свидетельствует о возможном перманентном характере взрывной эмиссии метана через механизм ГДЯ под воздействием геодинамики. Вполне возможно, что мелкие и мельчайшие ГДЯ просто уже не регистрируются существующими сейсмическими сетями. И для ряда задач была бы интересной расстановка детальных сейсмических сетей в районах подземной добычи угля. В первую очередь это было бы полезным для улучшения безопасности подземной разработки угольных пластов. С точки зрения экологии, такого рода экологический мониторинг помог бы оценить количественные показатели эмиссии до сих пор неучтенного метана. Особенно важно оценить вклад такого метана в общее потепление атмосферы в глобальном масштабе.



*Рис. 4. Суточное распределение всех регистрируемых сейсмических событий за 19 июня 2009 г., взятое с сайта ЦД ИГИ НЯЦ РК: kndc.kz.
Условные обозначения см. на рис. 1.*

О природе геодинамических явлений

В заключение, возвращаясь к популярной дискуссии об антропогенной и (или) природной эмиссии метана земной коры, отметим следующие

щее. В последние годы имеет место рост слабой сейсмичности, в частности, в промышленно развитых центральных, северных и восточных регионах Казахстана [3]. Вслед за профессором А. Нурмагамбетовым мы склонны считать это проявлением техногенной сейсмичности [4]. Добавим, однако, что техногенная сейсмичность подпитывается теми же геодинамическими напряжениями, которые воздействуют на всю земную кору. А промышленная деятельность в виде шахт, крупных карьеров, больших водохранилищ, гидроэлектростанций и других крупных нарушений целостности верхней части земной коры является вновь образованной, новой неоднородностью земной коры (ННЗК) или ярким концентратором сейсмотектонических напряжений. В результате этой концентрации напряжений на ННЗК и возникает (пока еще) слабая сейсмичность. Сюда же можно отнести и ГДЯ как своеобразное проявление слабой сейсмичности в пределах угольных бассейнов. Эти геодинамические проявления (слабые землетрясения и ГДЯ) скорее антропогенные по вызвавшим их причинам и естественные, по силам их произведшим. И если говорить о причинно-следственной связи, то они антропогенные, спровоцированные человеческой деятельностью, что еще раз говорит об ответственности общества и человека в деле сохранения экологии земной коры. Было бы предпочтительнее сохранить первозданную земную кору и ее сбалансированное напряженно-деформированное состояние, что отвечало бы нашим совсем недавним фундаментальным представлениям о стабильности земной коры Центрального и Северного Казахстана. При дальнейшем экстенсивном развитии промышленности указанных регионов мы получим (и (или) уже получили?) новый обширный сейсмоактивный регион, что вряд ли улучшает качество среды обитания и жизни в целом.

Заключение

Предлагается новая геодинамическая модель образования газодинамических явлений в угольных бассейнах, зависящих от сейсмотектонического режима земной коры в глобальном масштабе.

Выявлено наличие постоянно действующих источников неучтенного природного метана, эмитируемого земной корой в местах расположения угольных бассейнов, что, вероятно, оказывает влияние на вариации глобальной температуры атмосферы Земли.

Показана возможность корреляции сейсмотектонической активности с вариациями температурной кривой Земли за 20-летний период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляшова Н.Н., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Центральный и Восточный Казахстан // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 71-75.
2. Гарагаш И.А., Хайдаров М.С. Модель развития сейсмоструктурного процесса в зоне тектонического разлома перед сильным землетрясением // Межведомственный геофизический комитет при президиуме АН СССР, Результаты исследований по международным геофизическим проектам, В сб. Сейсмологические исследования № 11, М.: 1989. – С. 88-97.
3. Жекамухов М.К., Жекамухова И.М. К проблеме внезапных выбросов угля и газа в шахтах. // Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО в РОССИИ», С. 526-538. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/045.pdf>
4. Нурмагамбетов А.Н. Техногенные сейсмические явления, связанные с разработкой и эксплуатацией месторождений твердых полезных ископаемых, нефти и газа. // Геология и охрана недр Казахстана. 2010. – № 1.
5. Хайдаров М.С. Очаговые спектры землетрясений Северного Тянь-Шаня и пространственно-временные вариации угловой частоты: Диссертация ... канд. физ.-мат. наук / Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР. – М., 1986. – 149 с.

КазНИИЭК, г. Алматы

ГЕОДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР ЖӘНЕ ЖЕР АТМОСФЕРАСЫНЫҢ ҒАЛАМДЫҚ ТЕМПЕРАТУРАСЫ

Техн. ғылымд. канд. Е.Т. Төлекбаев
Физ.-мат. ғылымд. канд. М.С. Хайдаров

Соңғы 20 жылдың ішіндегі Жердің геодинамикалық құбылыстары мен ғаламдық температура түрлендірмелерінің арасындағы мүмкін болатын байланыс қарастырылды. Күшті жер сілкіністерінен кейін шамамен баяулығы 0,5...1 жылды құрайтын атмосфера температурасының көтерілуі орын алды. Бұл жер қабатының күшті сейсмоструктуралық кернеулердің әрекет ету кезінде ұлғаятын көмір бассейндеріндегі метанның эмиссиясымен түсіндіріледі. Осы көмір метаны нәтижеде қызған газ ретінде ғаламдық температураның көтерілуіне ықпалын тигізеді деп жорамалданады. Көмір метаны эмиссиясын есептеу бойынша әрекеттегі ережелерді қайта қарау қажеттілігі белгіленді. Метанның осы геодинамикалық эмиссиясы оларға әсерін тигізген себептер бойынша антропогенді және оларды тудырған күштер бойынша табиғи құбылысқа келетін сияқты.