

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 550.385:551.5, 550.348.098.45, 550.361.2, 551.217.4

О РОЛИ СЕЙСМИЧНОСТИ И ВУЛКАНИЗМА В ПАРАДОКСАХ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА*

Д. Г. Осика¹, М. Г. Алишаев², Н. Л. Пономарева¹, А. Ю. Отинова¹

¹Институт геологии ДНЦ РАН

²Институт проблем геотермии ДНЦ РАН

На фактическом материале показана роль сейсмичности и деятельности вулканов в возникновении климатических аномалий последних десятилетий, и в частности лета 2010 г. Проанализировано развитие процесса извержения вулкана Эйяфьятлайокудль, приведены расчеты количества спонтанных газов и пепла, вынесенных в атмосферу в связи с извержением вулкана. Подсчитаны значения объемов воздушных масс, прогретых выброшенным в атмосферу вулканическим материалом. Показана определяющая роль сейсмичности в формировании климата планеты и возникновении парникового эффекта.

The role of seismicity and activity of volcanoes in the formation of climatic anomalies of the last decades and, in particular, the summer of 2010 is shown on actual material. Development of the process of eruption of the volcano of Eyjafjallajökull is analyzed; calculations of quantity of spontaneous gases and ashes, brought out into atmosphere in connection with the volcano eruption, are presented. Values of volumes of air masses, heated by the volcanic materials thrown out into atmosphere are figured out. The defining role of seismicity in the formation of climate of the planet and emergence of the greenhouse effect is shown.

Ключевые слова: потепление климата; сильная сейсмичность; вулканизм; климатические аномалии; парниковый эффект.

Keywords: warming of climate; intense seismic activity; volcanism; climatic anomalies; the greenhouse effect.

Отсутствие научного подхода к объяснению климатических аномалий, приведших к стихийным бедствиям лета 2010 г., и парадоксальные высказывания об их природе явились побудительной причиной выполненного нами научного анализа.

По мнению руководителя Росгидрометцентра, засуха, осложнившаяся массовыми пожарами в центральных районах России, обусловлена притоком раскаленного воздуха из Аравийской пустыни; по мнению нерадивых администраторов в регионах – массовыми поджогами; некоторые журналисты намекают на диверсии иностранных спецслужб с использованием спутниковой техники.

За два года до Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. В.В. Суетновым, Х.А. Гаирбековым, Р.А. Левковичем был установлен факт регионального увеличения плотности теплового потока из недр в среднем в два раза [1], а непосредственно перед землетрясением – в 4 раза. Впоследствии это было подтверждено скважинными наблюдениями [2, 3].

С учетом фундаментального и прикладного значения приведенных выше установлений [1–3] и в результате многолетних режимных наблюдений авторами данной статьи составлены графики пространственно-временного распределения энергетических и физико-геохимических аномалий для всего спектра землетрясений (рис. 1, 2). По этим графикам можно оценить масштабы выноса тепловой энергии для любого сильного землетрясения, удвоив плотность теплового потока для сейсмоактивных регионов, которая по Е.А. Любимовой составляет в среднем 0.05 Вт/м^2 [4].

Не касаясь прогностического значения эти двух графиков, акцентируем внимание на энергетической сущности сейсмических событий. Общие масштабы региональных аномальных выбросов геотермальной энергии, сопровождающих

* Публикуется в порядке обсуждения.

сильные землетрясения, впечатляют своей грандиозностью. К примеру, на стадиях подготовки и свершения Суматранского землетрясения 24.12.2004 г. $M = 9.2$ в обменный бассейн за 20 месяцев, предшествующих этому событию, было вынесено энергии 10^{21} Дж с территории диаметром примерно 9000 км.

Однако этим не исчерпывается тепловая энергетика сейсмичности, поскольку синхронно с увеличением плотности теплового потока резко возрастают масштабы дегазации флюидов в обменный бассейн относительно их фоновых значений в сейсмостойкое время. Перед Суматранским землетрясением с земной поверхности площадью около $6.2 \cdot 10^{13}$ м² было вынесено свыше $4 \cdot 10^9$ м³ спонтанных газов, в которых 2/3 представлены метаном, а 1/3 двуокисью углерода, что, может быть, и является основным поставщиком парниковых газов в атмосферу. При этом фоновые значения составляют около 200 м³ по [4], а аномальные, по нашим расчетам, 600 м³ с 1 м² в год.

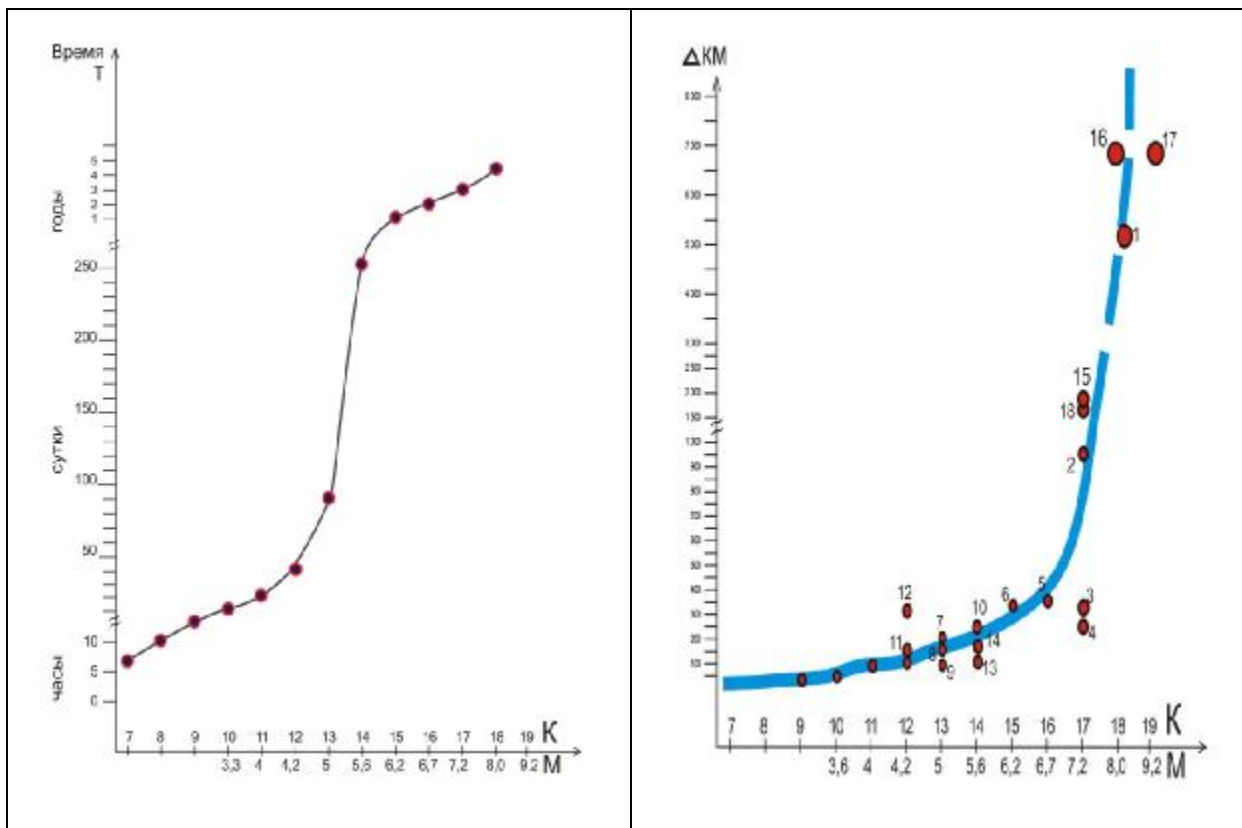


Рис. 1. Продолжительность развития геотермальных аномалий на стадии формирования землетрясений

Рис. 2. Радиусы проявления геотермальных, геохимических, гидродинамических и биологических аномалий на стадии формирования землетрясений:

Аляскинское, 1964 г.; 2, 15 – Газлийские, 1976 г.; 1984; 3 – Спитакское, 1988 г.; 4 – Рачинское, 1991 г.;
 5 – Дагестанское, 1970 г.; 6 – Черногорское, 1976 г.; 7 – Шемахинское, 1976 г.; 8 – Исмаиллы, 1981 г.;
 9 – Исмаиллы, 1981 г.; 10 – Копетдагское, 197 г.; 11 – Копетдагское, 1978 г.; 12 – Копетдагское, 1978 г.;
 13 – Шемахинское, 1981 г.; 14 – Исмаиллы, 1981 г.; 15 – Буйнакское, 1975 г.; 16 – Андаманское, 2009 г.;
 17 – Суматранское, 2004 г.; 18 – Бамские, 2003 г.

Все это еще не было известно в конце прошлого столетия не только в сейсмологии, но и в других науках о Земле, и с большой долей скепсиса воспринималось сейсмологической наукой. Этим результатам стали верить только

после расчетов, проведенных учеными Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Если бы эти установления были присущи только одному, даже самому грандиозному сейсмическому событию, ими можно было бы пренебречь в оценке его роли в геологической эволюции и в аномальных природных процессах, которые мы наблюдаем в настоящее время (засухи, наводнения, пожары, ураганы и другие стихийные бедствия). Но коль скоро они присущи всему спектру землетрясений, а их число на Земле составляет от 100 тыс. в год авторы с полным основанием осмелились указать на роль сейсмичности [5, 6] и в формировании парникового эффекта, и в глобальном потеплении климата.

В данной работе предложены расчеты по определению масштабов выноса тепла вследствие извержения исландского вулкана Эйяфьятлайокудль для определения его роли в наблюдаемых климатических катаклизмах, охвативших часть пространства Восточной Европы.

Вулкан проснулся после почти 200-летней спячки в ночь на 21 марта 2010 г., а основные выбросы газов, пепла и лавы начались 14 апреля 2010 г., что привело к отмене авиарейсов над Европой и Россией. Извержение происходило по трем жерлам с диаметрами 200, 150 и 100 метров.

Подсчитаем выброшенную из недр массу газа и пепла, считая, что очаг вулканизма находится на глубине $H = 100$ км. На этой глубине гидростатическое давление составит 1000 МПа, горное давление порядка 2500 МПа. Давление в очаге вулкана может достигать и до 2000 МПа. Плотность, температура и давление смеси газа и расплава снижаются по высоте канала. На глубине 100 км принимаем температуру $T = 3000^\circ\text{C}$, давление в жидкой магме $p = 1000$ МПа, плотность движущейся смеси газа и расплава $\rho = 1000$ кг/м³. На выходе у жерла вулкана известна лишь температура извергающейся лавы, $T_0 = 1300^\circ\text{C}$. Давление и плотность смеси газа с расплавом не известны. Их можно определить по перепаду температуры, приняв течение смеси адиабатическим, как для идеального газа. Связь давления и плотности с температурой можно установить из соотношений [7]:

$$\frac{p}{\rho^g} = \frac{p_0}{\rho_0^g}, \quad \frac{p}{r(T+273)} = \frac{p_0}{r_0(T_0+273)}. \quad (1)$$

Здесь индекс «0» относится к жерлу вулкана, без индекса – те же величины в магматической камере. Температура измерена в градусах по Цельсию. Значение γ для адиабатического процесса совершенного идеального газа принимают равным 1.4. Однако, учитывая загрязненность извергаемого газа и пепла парами воды, расплавом стекла, углекислоты и возможные отклонения от адиабаты, авторы приняли $\gamma = 1.3$. Из соотношений (1) получаем связь плотности и давления с изменением температуры:

$$\frac{r_0}{r} = \frac{T_0+273}{T+273}^{\frac{1}{\gamma}}, \quad \frac{p_0}{p} = \frac{T_0+273}{T+273}^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}. \quad (2)$$

Расчеты по этим формулам приводят к значениям $\rho_0 = 87$ кг/м³, $p_0 = 41.8$ МПа.

Уподобим движущуюся смесь турбулентному течению несжимаемой жидкости на малом участке канала. Канал вулкана принимаем за трубу с диаметром $d = 200$ м. Выбрасываемую из жерла вулкана массу газа и пепла подсчитаем согласно формуле Дарси – Вейсбаха [8], которую записываем в виде суммы статического и динамического градиентов давления для малого участка:

$$-\frac{dp}{dz} = rg + \frac{1M^2}{4\rho^2 rR^5}. \quad (3)$$

В этой формуле: p и ρ – текущие значения давления и плотности от очага вулкана до его жерла; z – вертикально вверх направленная координата; M – общая масса газа и пепла (без лавы); R – радиус жерла вулкана (100 м); λ – так

называемый коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от шероховатости стенок трубы ($\lambda = 0.06$).

Все величины в формуле (3) известны, кроме массового расхода. Зависимость плотности от давления определяется формулой (1). Интегрируя уравнение (3) по всей длине канала, получим

$$\int_1^{p/p_0} \frac{dx}{x^{1/g} + ax^{1/g}} = \frac{r_0 g H}{p_0}, \quad a = \frac{1M^2}{4p^2 r_0^2 g R^5} .$$

(4)

Это уравнение позволяет оценить выбрасываемую ежесекундно массу M газа и пепла. Например, для отмеченных выше условий решение уравнения (4) дает $a = 4.22$. Выброс массы газа и пепла $M = 1.43 \cdot 10^9$ кг/сек., то есть в секунду извергается почти 1.5 млн тонн, а за 5 суток в атмосферу будет выброшено $6.2 \cdot 10^{13}$ кг. На выходе из жерла вулкана выброшенный горячий и плотный объем составил за 5 суток $7.14 \cdot 10^{12}$ м³. При переводе в нормальные атмосферные условия – $1.076 \cdot 10^{15}$ м³. Если условно компактно расположить его по тропосфере высотой 10 км, то он займет объем $V_n = 328 \times 328 \times 10$ км³.

Объемный расход по каналу и скорость течения на выходе из жерла составят

$$Q_0 = \frac{M}{r_0}, \quad v_0 = \frac{Q_0}{pR^2} .$$

(5)

Расчеты дали значения $Q_0 = 1.65 \cdot 10^7$ м³/с и $v_0 = 525$ м/с.

Аналогично можно рассчитывать и изменения температуры и плотности в атмосфере. Подсчитаем при $\gamma = 1.3$ изменения плотности и температуры, обусловленные расширением смеси и снижением давления в смеси от $p_0 = 41.8$ МПа до $p_a = 0.1$ МПа. Расчеты производились по формулам

$$\frac{\rho_a}{\rho_0} = \left(\frac{p_a}{p_0} \right)^{1/\gamma}, \quad \frac{T_a + 273}{T_0 + 273} = \left(\frac{p_a}{p_0} \right)^{1-1/\gamma} .$$

(6)

Результаты показали, что со снижением давления до атмосферного плотность газопылевой смеси падает до $\rho_a = 0.834$ кг/м³, а температура снижается от $T_0 = 1300^\circ\text{C}$ до $T_a = 117^\circ\text{C}$ у жерла. При смешении с воздухом атмосферы объем дополнительно нагретой на 20°C части будет примерно в 6 раз больше и составит ориентировочно $800 \times 800 \times 10$ км³.

Можно завязать или занизить масштабы выброса эндогенного тепла, но это в принципе не влияет на формирование наблюдаемой засухи и бесчисленных пожаров.

Дело в том, что буквально за двое – трое суток изверженное в тропо- и стратосферу облако вулканического пепла, газа, паров воды и прочих материалов с температурой, равной 1300°C , быстро распространилось к востоку на большой высоте над Северной Европой и достигло Кольского полуострова. Такой характер распространения облака вулканического газа обусловлено вращением нашей планеты к западу и циклонической деятельностью с Атлантики к востоку. Поэтому уже в начале мая 2010 г. это перегретое облако зависло над северными таежными и центральными лесными регионами России вплоть до Урала и начало отдавать свое тепло в атмосферу региона, преимущественно в нижние ее слои, на Черноземье и лесостепной регион. С востока распространению этого облака препятствовал северо-восточный антициклон. Холодные плотные воздушные массы северного региона не пропускали это облако, а более разреженный теплый воздух средней полосы не препятствовал его распространению над 21 областью Центральной и Восточной России. Данный процесс к сентябрю 2010 г. продолжился и продолжался до зимы 2011 г., пока тепло не рассеялось и не перемешалось с нижними слоями атмосферы.

Установившаяся засушливая погода способствовала возникновению природных пожаров. Для массового возгорания очень пересушенного органического вещества, будь то трава, листья или ветви деревьев, или даже погибшие животные, не требуется температуры, близкой к 100°C . Растения в своем организме содержат

большое количество воды, но не просто воды, а растворов различных органических веществ и минеральных солей. При гибели растений и их сильной пересушенности вода улетучивается, органические вещества сворачиваются, а минеральные соли кристаллизуются и, исполняя роль двояковыпуклых линз, провоцируют микровозгорания, что и способствует возникновению пожаров, которые невозможно потушить без большого количества воды.

Напротив, в Южном полушарии планеты в это же самое время наблюдались не характерные для зимы этих широт морозы до -20°C и ниже, приведшие к гибели людей, и выпадение большого количества снега, чего не отмечалось много лет. Катаклизмы в Южной Америке обусловлены наложением сейсмогеотермальных аномалий, возникших в результате Чилийского землетрясения $M = 8.8$ 2010 г., на зимнее похолодание. Но парадокс в том, что геотермальная аномалия с огромной площади ушла вверх и поглотилась водами Тихого океана и частично сместилась к востоку в Атлантику, а на смену разуплотненному, разогретому воздуху нижних слоев атмосферы внедрились холодные воздушные массы из Антарктиды. Общее глобальное потепление не смогло противостоять прессингу антарктических холодов.

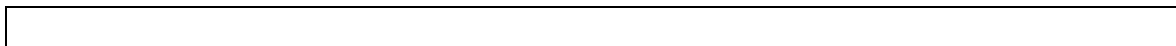
Причинно-следственные связи, обусловившие засуху и множественные пожары в центральной полосе России и смежных регионах, генетически обусловлены накладкой естественного потепления воздуха в связи с наступлением летнего периода и выносом колоссального количества тепла в результате извержения вулкана в Исландии.

Атмосферные процессы базируются на уравнениях состояния, определяющих взаимосвязь давления, плотности, температуры и концентрации газов. В этом плане мы совершенно солидарны с мнением О.Г. Сорохтина [9] о том, что большинство экологов ошибаются, считая, что увеличение концентрации парниковых газов техногенного происхождения в атмосфере способствует увеличению температуры атмосферы; наоборот – повышение температуры атмосферного воздуха способствует увеличению масштабов дегазации парниковых газов из вод Мирового океана, которые оказывают определяющее влияние на формирование парникового эффекта.

Нами же установлено, что главным фактором повышения тепла в атмосфере является сейсмичность плюс синхронные выбросы парниковых газов эндогенного происхождения, которые также несут с собой геотермальную энергию, а значит тепло.

Применительно к огромным объемам обменного бассейна – атмосфере и гидросфере как нельзя лучше применимо выражение «капля в море», потому что эти системы обладают буферностью до определенных пределов. И как бы ни были велики аномальные выбросы геотермальной энергии и парниковых газов с неуклонно растущими масштабами планетарной сейсмичности, начавшейся в 60-е годы прошлого столетия, обменный бассейн до недавнего времени благодаря своей буферности справлялся с этими нагрузками и их нейтрализовывал. Но в связи с Суматранским землетрясением 2004 г. выбросы парниковых газов и геотермального тепла оказались столь значительны, что обменный бассейн не справился с такими масштабами сейсмического прессинга. Атмосферу и гидросферу залихорадило с 2004 г. В 2010 г. в связи с Чилийским землетрясением атмосфера и гидросфера вновь пополнились гигантским количеством тепла и парниковых газов, что и усугубило масштабы глобального потепления климата.

На рис. 3 и 4 приведены фрагменты графиков количества сильных землетрясений за последние 30 лет и количества сейсмической энергии, выделившейся в результате сильнейших землетрясений с 90-х годов прошлого века. Установлена неравномерная цикличность развития сейсмичности на планете. Из рис. 4 следует, что количество выделившейся механической энергии в связи с сейсмичностью увеличивается, соответственно растут и масштабы выброса тепла в атмосферу.



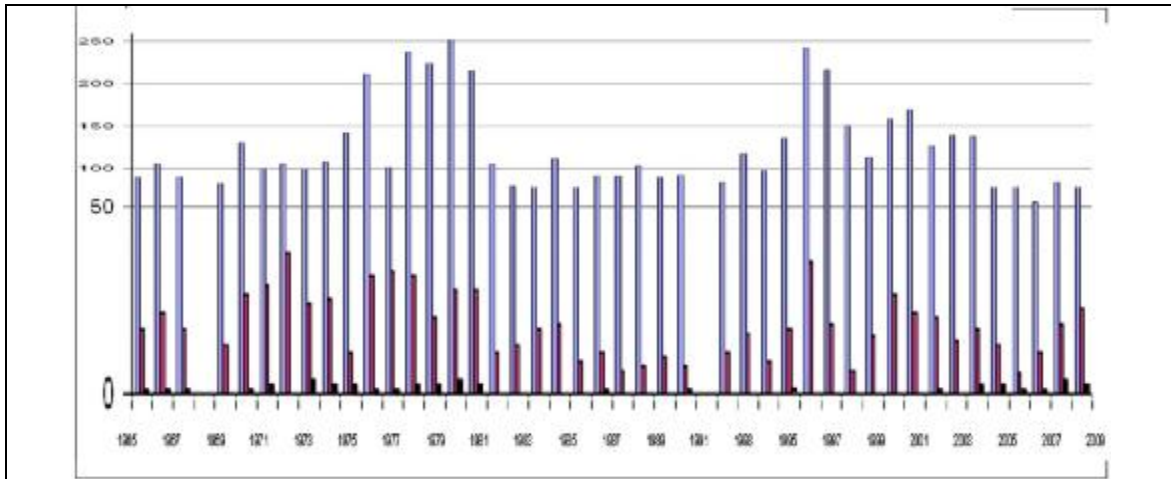


Рис. 3. Диаграмма количества землетрясений. Условные обозначения: черным цветом - $8 \leq M \leq 9.1$; серым - $6.85 \leq M \leq 7.8$; бледно-серым - $5 \leq M \leq 7$

Поскольку извержение вулкана весьма редкое явление, то в течение нескольких ближайших лет не следует опасаться возникновения засух и пожаров к востоку от Исландии, если не произойдет извержения более крупных вулканов. Если же случится нечто подобное осенью или в конце лета, то к началу следующего сезона полевых работ обменный бассейн нейтрализует вулканические эксталяции, как бы велики они ни были.

В большинстве случаев в научной литературе господствует представление о резких региональных похолоданиях после извержения вулканов. Наверное, в регионах, где эти извержения происходят, подобные явления, бесспорно, имеют место. Но в данном случае огромная масса раскаленного газа и пепла на большой высоте и с большой скоростью пронеслась над Западной и застряла над Восточной Европой на 55 дней, отдавая это тепло.

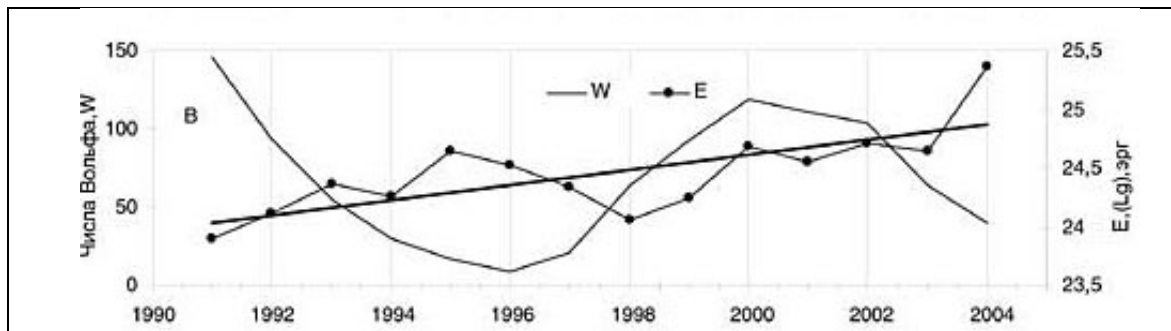


Рис. 4. График вековых циклов сейсмичности на Земле [10]

Более того, дело усугубилось тем, что вулканический пепел в большинстве своем это не что иное, как мелкодисперсное вулканическое стекло, содержащее большое количество сажи, плюс свободная сажа. Эта сажа осела на больших площадях Восточной Европы, изменила альбедо и начала притягивать большое количество тепла, что и обусловило такие высокие температуры воздуха. Аналогично тому, как время войны Ирака с Кувейтом, когда Саддам Хусейн приказал поджечь все нефтяные скважины, огромное количество сажи, осевшее в странах Ближнего Востока и даже на юге России, обусловило региональную засуху.

С некоторых пор в средствах массовой информации усиленно внедряется понятие о разогреве нашей планеты, которое навязывается и государственным деятелям. Это неверно! По нашему мнению, настало время внести в эти рассуждения строгую определенность и ясность.

Не разогреваются щиты: Скандинавский, Канадский, Бразильский, Африканский, Индостанский, Австралийский. Не разогреваются древние докембрийские

платформы: Западно-Европейская, Восточно-Европейская, или Русская плита. Разогреваются, но не непрерывно, лишь горноскладчатые области альпийского возраста: Пиренеи, Апеннины, Альпы, Балканы, Крым, Кавказ, Копетдаг, Тянь-Шань, Гиндукуш, Алтай, Саяны и т.д. и их обрамления – предгорные прогибы, межгорные впадины и молодые эпигерцинские платформы, такие, например, как Предкавказская, Туранская и пр., то есть сейсмоактивные регионы планеты. Более того, разогрев их по времени связан только с формированием и свершением сильных землетрясений вследствие регионального увеличения теплового потока из недр в атмосферу. А в сейсмически спокойное время эти регионы обладают фоновыми значениями геотермальной диссипации и дегазации недр.

В связи с распространением выделяющегося геотермального тепла и парниковых газов это явление обусловило постепенное глобальное потепление климата, которое, однако, проявляется в различных регионах мира по-разному. Практически не подогревается дно Мирового океана, где температура воды составляет 1–2 градуса, за исключением срединно-океанических хребтов, рифтовых зон и глубинных разломов.

Мы считаем, что определяющими факторами наблюдаемых климатических аномалий 2010 г., вплоть до стихийных бедствий, являются, с одной стороны, громадные выбросы аномального тепла и парниковых газов в связи с сейсмичностью, а с другой – осложнение метеорологической обстановки в связи с вулканизмом.

В геологической истории и в истории человечества многократно чередовались периоды потепления и похолодания вплоть до ряда оледенений в четвертичное время. Но это никогда не приводило к катастрофам для всей биосферы Земли. Поэтому мы с оптимизмом смотрим в обозримое будущее в плане парадоксальных явлений в природе, несмотря на то, что в силу периодичности сейсмической активности и вулканизма мы вошли в очередной геологический период потепления климата на нашей планете. Так как нынешний 11-летний цикл солнечной активности в настоящее время завершается, нам следует ожидать в ближайшие годы относительно стабильной и спокойной погодной обстановки повсеместно [10]. Но в связи с продолжающимся последним вековым периодом усиления сейсмической активизации, начавшимся в последней четверти XX в., благодаря инерционности огромных систем атмосферы и гидросферы различные климатические аномалии еще будут продолжаться, и к этому следует быть готовыми.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амирханов Х.И., Суетнов В.В., Левкович Р.А., Гаирбеков Х.А. Тепловой режим осадочных толщ. Махачкала: Даг. кн. изд-во, 1972. 227 с.
2. Аширов Т.М., Гулиев В.И., Сопиев В.А., Смирнов Я.Б. Некоторые результаты режимных наблюдений в Ашхабадской сейсмоактивной зоне // Изв. АН ТССР. Сер. физико-технических, химических и геологических наук. 1975. № 3. С. 31–35.
3. Войтов Г.И., Осика Д.Г., Гречухина Т.Г., Плотников И.А. О некоторых геолого-геохимических последствиях Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. // ДАН СССР. 1972. Т. 202. № 3. С. 576–579.
4. Любимова Е.А., Мухтаров А.Ш., Исмаил-Заде Т.А. Вариации температуры в скважине «Биладжик» (Азербайджан) в период сейсмической активизации региона // Физика Земли. 1985. № 4. С. 49–54.
5. Осика Д.Г. Флюидный режим сейсмически активных областей. М.: Наука, 1981. 204 с.
6. Осика Д.Г., Черкашин В.И. Энергетика и флюидодинамика сейсмичности. М.: Наука, 2008. 248 с.
7. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика. М.: Энергия, 1968. 472 с.
8. Альштуль А.Д. Гидравлические сопротивления. М.: Недра, 1982. С. 224.
9. Сорохтин О.Г. Жизнь Земли. М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. 452 с.
10. Рогожин Ю.А., Шестопалов И.П. Вековые циклы сейсмичности Земли и безопасность АЭС // Атомная стратегия. 2007. № 29, март.

Поступила в редакцию 20.12.2010 г.
Принята к печати 23.12.2011 г.