УДК 622.831

Л.К.ГОРШКОВ, *д-р техн. наук, профессор, (812) 328-82-82*
З.Б.ДЕКУСАР, *канд. геол.-минерал. наук, (812) 752-76-60*
Санкт-Петербургский государственныйгорный институт (технический университет)

L.K.GORSHKOV, *Dr. in eng. sc., professor, (812) 328-82-82*
Z.B.DEKUSAR, *PhD in geol. & min. sc., (812) 752-76-60*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ

Геодинамическая нестабильность – причина многих природных катастроф: землетрясений, извержений вулканов, оползней, цунами. Природные катастрофы могут инициировать техногенные аварии (обрушения зданий и сооружений, взрывы на шахтах, нарушения целостности плотин и др.) и вызывать появление природных процессов, например, создание искусственных водохранилищ, добыча нефти и газа могут провоцировать подвижки в земной коре с трагическими последствиями.

Приводятся примеры природно-техногенных катастроф и условия их возникновения, даются рекомендации по их предупреждению и прогнозу.

Ключевые слова: земная кора, геодинамическая нестабильность, природные катастрофы, техногенные аварии, факторы возникновения.

GEODINAMICAL VARIABILITY AS A CAUSE OF NATURAL DISASTERS AND TECHNOGENIC CATASTROPHES

Geodynamical variability is a cause of different natural disasters, such as earthquakes, volcanic eruptions, earthflows and seismic sea spillages. Natural disasters can activate technogenic catastrophes (building and construction failures, coal-mine explosions, dam integrity disturbance etc.). Technogenic catastrophes, in their turn, are able to originate such natural disasters as dam lake occurrence; the Earth crust's surges with hazard consequences can be provoked by oil and gas extraction performance.

Examples of natural disasters and technogenic catastrophes, factors of their origin, the phenomena prediction and avoidance recommendations have been shared in the following article.

Key words: the Earth crust, geodynamical variability, natural disasters, technogenic catastrophes, factors of their origin.

Видимые и поддающиеся изучению природные и техногенные катастрофы случаются главным образом в земной коре, благодаря сложному взаимодействию внутренних (эндогенных) и поверхностных или близповерхностных (экзогенных) процессов. Причем первые процессы создают крупные неровности рельефа тектонического и вул-

канического происхождения, а вторые стремятся сгладить их путем разрушения выступов на поверхности (денудация) или заполнения понижений осадками (аккумуляция).

Геодинамика как наука о глубинных силах и процессах, определяющих движение масс вещества и энергии внутри Земли и в ее внешних оболочках (в первую очередь, в литосфере и гидросфере) в качестве одного из своих объектов изучения исследует сокращение, расширение или попеременное изменение радиуса Земли, что является основой пульсационной гипотезы академика В.А.Обручева и американского геолога У.Бачера.

Многократные колебания объема Земли (пульсации) являются причинами периодического возрастания деформаций сжатия и расширения как самой земной коры, так и подвижных ее зон, усиления вулканизма, возникновения трансгрессий и регрессий мирового уровня, следствиями которых становятся природные катастрофы: землетрясения различных интенсивностей и масштабов, вулканические извержения, перемещения и изменения внутренней структуры участков или блоков земной коры (тектонические нарушения), а также метаморфические процессы под влиянием повышенных температур и давлений (последнее можно наблюдать, например, на геотермальных месторождениях).

Все перечисленные процессы и определяют геодинамическую нестабильность и ее связь с природно-техногенными катастрофами. При этом природные катастрофы нередко перемежаются с техногенными; последние довольно часто могут быть пусковыми толчками для природных, а сами природные катастрофы (например, связанные с пульсационными процессами) могут провоцировать и дополнять техногенные катастрофы. Конечно, природные катастрофы типа землетрясений, извержений вулканов, оползней, селей невозможно не только предсказать, но и тем более предотвратить. Нельзя при этом не отметить и тот факт, что часто роль природных факторов игнорируется при анализе техногенных катастроф, например, в горно-добывающей промышленности, в энергетике, при строительстве протяженных нефте- и газопроводов и т.п.

Пульсации объема земной коры вызывают геодинамическую нестабильность, согласно выводам М.В.Стоваса [7], главным образом, в широтных поясах вследствие колебаний величины скорости движения Земли по плоской эллиптической орбите вокруг Солнца в резонансе с прецессией земной оси. Одним из таких поясов геодинамической нестабильности можно назвать полосу 51-54° с.ш., в которой сравнительно недавно имели место трагические события: гидроразрыв сети водоснабжения в г.Саратове (46° в.д.), авария на Саяно-Шушенской ГЭС (92° в.д.), активизация вулканов Шивелуча, Ключевского и Карымского на Камчатке (около 161° в.д.). Геодинамически нестабильные пояса возникают, в соответствии с гипотезой М.В.Стоваса, из-за изменений потенциала деформирующих земную кору сил. Кроме того, нестабильность может быть инициирована и солнечным излучением, аномалиями гравитации, магнитных и электромагнитных процессов, акустической эмиссией и т.п.

Природная геодинамическая нестабильность земной коры может проявляться не только в виде катастрофических землетрясений и им подобных процессов, но и как «спокойная» природная саморегуляция напряженного состояния; как подвижки пластичных пород, не явные до определенного уровня; как вертикальные смещения блоков с заполнением образовавшихся пустот водотоками, а также как тектонические оперения крупных разломов и сдвигов. Эти, на первый взгляд, незаметные явления могут спровоцировать и техногенные аварии, и даже катастрофы: гидроудар в Саратове мог быть вызван микросбросом в несущем блоке горных пород; технические просчеты при проектировании Саяно-Шушенской ГЭС с высокой долей вероятности могли быть усилены «спокойным» пластическим смещением пород фундаментов, опор, отдельных блоков ГЭС; дискутируемый в средствах массовой информации и в научной литературе поворот сибирских рек на юг способен вызвать дисбаланс количества движения планеты из-за усиления ее анизотропности.

Список произошедших, а также возможных в будущем аварий и катастроф по причине естественной и наведенной (техногенной) геодинамической нестабильности можно продолжать и далее, но вывод из всего сказанного очевиден: необходимо учитывать естественную и наведенную напряженность в земной коре при строительстве крупных наземных, подземных, акваториальных и подводных объектов, а также изменение этой напряженности при сооружении подземных газо- и водохранилищ, плотин, дамб, атомных станций, хранилищ ядерных отходов и др. с тем, чтобы обеспечить их безопасную для людей и природы эксплуатацию, эффективные безаварийные технологии, отталкиваясь от природных факторов. Сравнение уровней естественной напряженности в земной коре, соответствующей проявлениям глобальной геодинамической нестабильности, например, с давлением в глубоких геотермальных скважинах или, особенно, в скважинах на нефтегазовых промыслах, свидетельствует о близком порядке их количественных значений при очевидной генетической близости. Все сказанное подтверждает настоятельную необходимость прогнозировать последствия от быстро расширяющихся масштабов утилизации глубинных энергоносителей (нефти, газа, парогидротерм) как негативного воздействия на геодинамический режим земной коры.

О причинах пульсаций объема Земли как нестабильной геодинамической системы существует достаточно много мнений, суть некоторых из них рассмотрим ниже, хотя об одной (гипотезе М.В.Стоваса) уже говорилось.

Астроном Н.Н.Парийский [6] полагал, что пульсация объема Земли вызывается изменениями ее средней температуры, зависящей от разности расстояний между Землей и Солнцем в перигелии и афелии. Так, по его расчетам, при разности средних температур Земли в марте и августе в 1,4 °С изменение радиуса Земли составляет 0,092 м, что представляется несущественным по сравнению с размерами не только самой Земли, но даже и с толщиной земной коры.

По мнению академика В.А.Амбарцумяна [1], причиной пульсаций объема Земли является ее периодическое переуплотнение из-за разности напряженностей гравитационного и элктромагнитного полей, в пределах которых совершается движение всех космических тел. Эта гипотеза достаточно реалистична, имеет право на существование, но не снимает трудностей при ее практическом использовании для прогноза земных катастроф и их предупреждения.

Кроме того, есть точка зрения, приведенная в работе [5], объясняющая пульсации объема Земли как планеты фазовыми переходами слагающего ее вещества в процессе эволюции. Но эволюция – процесс, насчитывающий миллиарды лет, поэтому представляется проблематичным использование ее законов для решения практических задач в настоящее, конкретное время. Более того, до сих пор не ясно внутреннее строение самой планеты, как и механизм фазовых переходов веществ, образующих внутреннюю структуру Земли.

Таким образом, независимо от природы пульсаций объема Земли, реальность этой пульсации доказана, как полагает тектонист Е.Е.Милановский [4], и это нужно учитывать и использовать на практике.

Наряду с пульсацией, необходимо отметить еще один режим, определяющий геодинамическую нестабильность Земли, – ротационный режим ее движения, реальность которого подтверждена в середине прошлого века одновременно тремя службами времени: Парижской (1934-1947), Гринвичской (1933-1949) и Берлинской (1938-1945).

Хотя термин «ротационный режим» ввел в механику не И.Кеплер, именно он дал первые объяснения по этому поводу в своих законах: в первом законе Кеплер показал, что Земля, как и другие планеты солнечней системы, движется не по круговым (как предполагал Коперник), а по эллиптическим орбитам; согласно второму закону, при движении планет по эллиптическим орбитам радиусы-векторы планет за равные промежутки времени описывают равноплощадные сектора; третий закон, хотя и не имеет такого общего значения, как два первых,

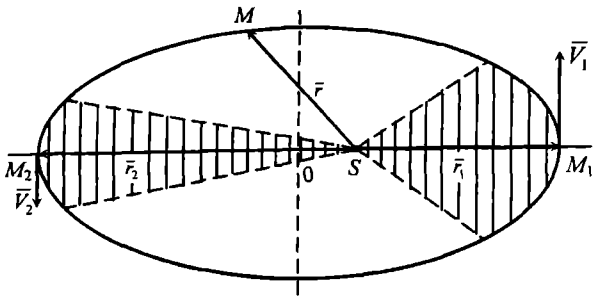

Рис.1. Гелиоцентрическая модель движения Земли (второй закон И.Кеплера)

позволяет определить некоторые характеристики небесных тел, например, их массы, принимая массу Солнца за единицу.

Сущность ротационного движения Земли объясняется законом сохранения ее количества движения (импульса силы). Сила притяжения Земли к Солнцу является по своей сути, согласно определению, приводимому в курсе теоретической механики, центральной силой, т. е. силой, линия действия которой всегда проходит через определенный центр, в нашем случае, через фокус эллиптической орбиты Земли, каким является Солнце. Это значит, что момент этой центральной силы относительно фокуса (Солнца) равен нулю, и тогда вектор кинетического момента Земли относительно названного фокуса будет постоянной величиной $\bar{l}_s = \text{const}$. Модуль этого вектора равен скалярному произведению $l_s = mVh$, где m – масса Земли; V – ее линейная (окружная) скорость; h – расстояние от Земли до Солнца, меняющееся от минимума в перигелии до максимума в афелии (рис.1).

Постоянство модуля вектора $\bar{l}_s$ обеспечивается при переменной величине h изменчивостью скорости V Таким образом, радиус-вектор $\bar{r}$ Земли по отношению к Солнцу описывает за определенное время равные сектора (заштрихованные площадки на рис.1, где $\bar{r}_1 \le \bar{r} \le \bar{r}_2$), что определяет закон площадей, частным случаем которого является второй закон Кеплера, определяющий движение планет вокруг Солнца. Из рис.1 следует, что $V_1 h_1 = V_2 h_2$, где $h_1 = SM_1$; $h_2 = SM_2$. Практически это означает, что вблизи Солнца (в перигелии) Земля движется быстрее, чем в афелии. Чтобы обеспечить этот эффект, рост скорости движения Земли в перигелии должен компенсироваться уменьшением угловой скорости ее вращения. Такого же рода компенсация должна иметь место и в афелии, но с обратным знаком: снижение скорости движения планеты по орбите восполняется увеличением угловой скорости вращения. В этом и заключается суть ротационного движения Земли, также оказывающего свое влияние на изменение объема планеты.

Беглый анализ временных границ проявления техногенных катастроф и крупных аварий показывает [5], что чаще всего они приурочиваются к периоду между серединой августа одного года и серединой-концом марта следующего года, т.е. примерно семь месяцев, о чем уже говорилось в связи с определением средних температур Земли в марте и августе. К этому же периоду приурочиваются и крупные природные катастрофы: в течение названных семи месяцев в 20 в. происходило в разные годы более трех четвертей крупных и масштабных по разрушениям и жертвам населения землетрясений*

Объяснение активизации геодинамической нестабильности Земли в период с августа по март (с соответствующим увеличением количества и масштабов катастроф) дается в информации уже упоминавшихся трех европейских служб времени: именно в этот период продолжительность суток увеличивается на 0,0024 с [6]. Для обычного восприятия эта величина представляется ничтожно малой, но в масштабах земного шара она оказывает существенное влияние на геодинамический режим движения Земли. Таким образом, можно с полным основанием говорить о ротационно-пульсационном режиме существования нашей планеты, тем более, что первопричиной ротации является периодическое изменение радиуса Земли как вращающегося тела. Термин «ротационно-пульсационный режим» впервые предложил Г.Н.Каттерфельд [3], он же высказал свою версию неравномерности су-

* Большая Советская энциклопедия. 1972. Т.9.

точного вращения Земли: неравномерность разогрева планеты в процессе ее гравитационного уплотнения.

Увеличение длительности суток в период с августа по март влечет за собой приращение импульса силы тяготения между Землей и Солнцем, определяющей движение Земли по своей орбите. Согласно закону о сохранении количества движения, приращение этого фактора равно приращению импульса силы, вызывающей движение. Можно допустить и обратную трактовку: приращение импульса силы равно увеличению количества движения: $\Delta S = \Delta Q$, где ΔS – приращение импульса силы, $\Delta S = F\Delta t$; ΔQ – приращение количества движения, $\Delta Q = m\Delta V$; F – сила притяжения между Землей и Солнцем; Δt – приращение продолжительности суток; ΔV приращение скорости, $\Delta V = \omega \Delta R$; ω – угловая скорость вращения; ΔR – приращение радиуса Земли или расширение толщины земной коры.

Таким образом, в период с августа одного года по март следущего года Земля увеличивается в своих размерах, что сопровождается расширением земной коры с активизацией вулканизма, ростом числа землетрясений, расширением тектонических разломов и увеличением числа и степени раскрытости трещин в блоках горных пород.

В другой период года (с марта по август) процесс идет в обратном направлении: радиус Земли сокращается из-за уменьшения импульса силы тяготения к Солнцу, земная кора сжимается с закрытием малых трещин и уменьшением раскрытости крупных, в том числе и разломов, снижается тектоническая активность, уменьшаются количество и масштабы землетрясений и проявлений вулканизма (рис.2).

Чтобы оценить степень влияния процессов расширения и сжатия земной коры, следует помнить, что горные породы имеют прочность на растяжение в 20-50 раз ниже прочности на сжатие. Поэтому период расширения земной коры в течение года наиболее опасен, так как именно на этот период приходится большинство как природных, так и техногенных катастроф с высокой степенью повторяемости. Этим, например, можно объяснить возникновение с малым промежутком одна за другой двух крупных аварий на шахте «Ветка Глубокая» им. А.Ф.Засядько в Донбассе: прорыв аномальных количеств метана, взрыв его вместе с угольной мелочью, пожар, обрушение выработок с трагическими последствиями.

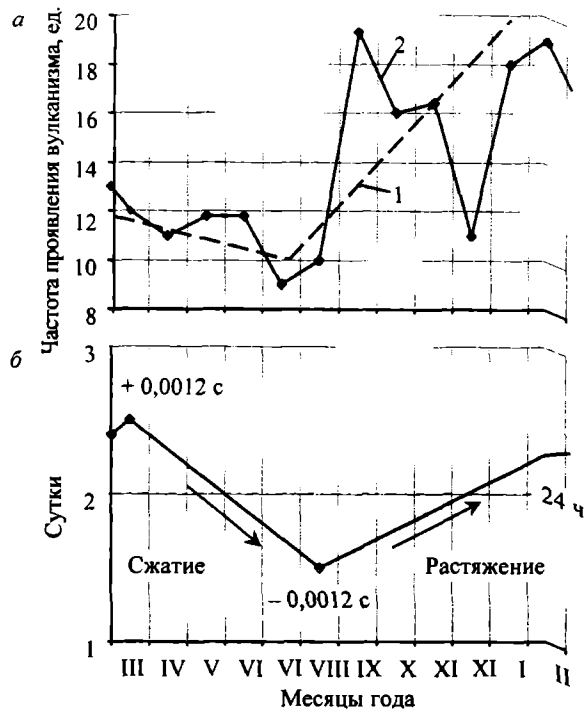

Рис.2. Изменение интенсивности вулканизма (*а*) и длительности суток (*б*) по месяцам года
1 – усредненная интенсивность; 2 – статистические данные

Все шахты Центрального Донбасса, а упоминаемая шахта в особенности, отличаются повышенной загазованностью, увеличивающейся с глубиной горных работ. Шахта им. А.Ф.Засядько имеет глубину более 1200 м, что соответствует верхним горизонтам Прикарпатской нефтегазоносной провинции. При расширении литосферы в этом регионе (и в соседних) усиливается макро- и микротрещиноватость слагающих разрез провинции горных пород, в результате чего открываются дополнительные пути миграции углеводородов, метана в том числе, масштабы которой, по мнению И.М.Губкина [2], могут достигать гигантских размеров, сравнимых (или даже превосходящих) с расстоянием от Карпат до Центрального Донбасса.

Если бы геологическая служба шахты им. А.Ф.Засядько обращала более серьезное внимание на периодичность проявления аномальной газообильности в очистных забоях и подготовительных выработках, то можно было бы применить специальные меры по предупреждению аварий или, по крайней мере, снижению масштаба их последствий: усиление вентиляции, сокращение добычи угля вплоть до временного прекращения деятельности шахты в опасный период с августа по март.

Таким образом, геодинамическая нестабильность Земли, особенно в пределах земной коры, налагает на деятельность отраслей промышленности, связанных с проникновением в недра Земли и масштабным строительством, особые требования по учету возможности возникновения природных катастроф, обычно сопровождаемых техногенными авариями, и проведению профилактических мероприятий по предупреждению или снижению уровня последствий таких катастроф и аварий. Конечно, это сопряжено с экономическими затратами, но безаварийная работа и сокращение социально-экологических издержек стоят того.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Амбарцумян В.А.* Изв. АН АрмССР 1958. Т 11. № 9.

2. *Губкин И.М.* Учение о нефти. М.: Недра, 1975.

3. *Каттерфельд Г.Н.* Лик Земли. М.: Гос. изд-во геогр. лит.,1962.

4. *Милановский Е.Е.* Пульсация и расширение Земли – возможный ключ к пониманию ее тектонического развития и вулканизма в фанерозое // Природа. 1978. № 7.

5. *Одесский И.А.* Об одной из причин природных катастроф: Сб. «Экология и развитие общества» / И.А.Одесский, З.Б.Декусар. СПб: МАНЭБ, 2008.

6. *Парийский Н.Н.* Изменение длины суток и деформаций Земли // Астрономический журнал. 1945. Т.22. Вып.2.

7. *Стовас М.В.* Избранные труды. Ч.1. М.: Недра, 1975.

REFERENCES

1. *Ambartsumjan V.A.* // Herald of the Armenia Republic Academy of Sciences, 1958. Vol.11. N 9.

2. *Gubkin I.M.* Theory of oil. Moscow: Nedra, 1975.

3. *Katterfeld G.N.* Image of the Earth. Moscow: Geography literature publishing house, 1962.

4. *Milanovsky E.E.* The Earth's pulse and spreadout as the possible keys to tectonic development and Phanerozoic eon volcanism standing // Priroda. 1978. N 7.

5. Odesskiy I.A., Dekusar Z.B. About one of the natural disasters' reasons // Collected volume. Ecology and society development. Saint Petersburg: MANEB, 2008.

6. *Parijsky N.N.* Day's length variation and alteration of the Earth // Astronomic Journal. 1945. Vol.22. Iss.2.

7. *Stovas M.V.* Selectas. Part 1. Moscow: Nedra, 1975.