УДК 622.831.32

А.Н.ШАБАРОВ, *д-р техн. наук, директор Научного центра – проректор, Shabarov_an@spmi.ru*
Б.Г.ТАРАСОВ, *д-р техн. наук, главный научный сотрудник, Tarasov2000@yandex.ru*
С.Н.МУЛЁВ, *старший научный сотрудник, mulev@spmi.ru*
Л.В.БУГАЕНКО, *младший научный сотрудник, lbugaenko@rambler.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

A.N.SHABAROV, *Dr. in eng. sc., director of Reseach Center – prorector, Shabarov_an@spmi.ru*
B.G.TARASOV, *Dr. in eng. sc., chief research fellow, Tarasov2000@yandex.ru*
S.N.MULEV, *senior research fellow, mulev@spmi.ru*
L.V.BUGAENKO, *junior research fellow, lbugaenko@rambler.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА И КОРРЕКЦИИ РИСКОВ ПЛАНЕТАРНО-КОСМИЧЕСКОГО ГЕНЕЗИСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Впервые в практике обеспечения безопасности горных работ рассматривается метод учета факторов динамичности горных массивов космического генезиса; приведены значения коэффициента динамичности массивов в суточном, месячном, годовом, 11-летнем и 70-летнем циклах геодинамической активности.

***Ключевые слова*:** планета Земля – пульсирующая динамичная система; коэффициент динамичности Земли в циклах пульсаций; связь геодинамических явлений с циклами динамичности Земли.

NEW TECHNOLOGIES FOR ANALYSIS AND REVISION OF RISKS IN THE PLANETARY-COSMIC GENESIS IN DESIGNING OF MINING OPERATIONS

For the first time in practice of providing the safety in mining work consideration is given to the method of due account of the dynamics factors of rock masses of the cosmic genesis. The values of coefficient of rock mass dynamics in the 24-hours, monthly, annual, 11-year and 70-year cycles of geodynamic activity are given.

***Key words*:** the Earth planet is a pulsing dynamic system; coefficient of the Earth`s dynamics in the pulsed cycles; relation of geodynamic phenomena to the cycles of the Earth`s dynamics.

Планета Земля является частью Солнечной системы и живет по законам космоса. Она вращается вокруг своей оси со скоростью 462 м/с в тисках лунно-солнечного прилива, смещается вокруг Солнца по эллиптической орбите со средней скоростью 30 км/с и совершает поступательные перемещения за счет движения Солнца по галактической орбите со скоростью 250 км/с. При этом Земля пересекает неоднородные потоки галактической и солнечной плазмы, создающие на этом пути гравитационные и электромагнитные аномалии, которые вызывают ее пульсации, включающие фазы сжатия в протонах и расширения в токовых электронных слоях плазмы. Неравномерное осевое вращение Земли обусловливает пульсационный динамический режим этого движения с перемещениями, ускорениями и толчками в блочных структурах земной коры, создающими циклические временные флуктуации полей геодинамических напряжений [2, 4, 7, 8].

Напряжения, действующие в массивах горных пород, не остаются постоянными, равными геостатическим напряжениям, как

это принято в горной геомеханике, а изменяются во времени. Динамические напряжения в массивах, находящихся в волновом состоянии, можно оценить с помощью формулы, взятой из сопротивления материалов для плит и балок, работающих в волновом режиме:

$$\sigma_{дин(t)} = \sigma_{ст}\left(1 + \frac{A_{(t)}}{\delta_{ст.max}}\right),$$

где $\sigma_{дин(t)}$ – циклически изменяющиеся динамические напряжения от пульсаций и прилива в земной коре, МПа; $\sigma_{ст}$ – статические напряжения, МПа; $A_{(t)}$ – временная полигармоническая функция [5], описывающая циклические изменения амплитуды пульсаций Земли под влиянием объектов космоса – хронограмма пульсаций, м; $\delta_{ст.max}$ – наибольшая допустимая упругая статическая деформация, м.

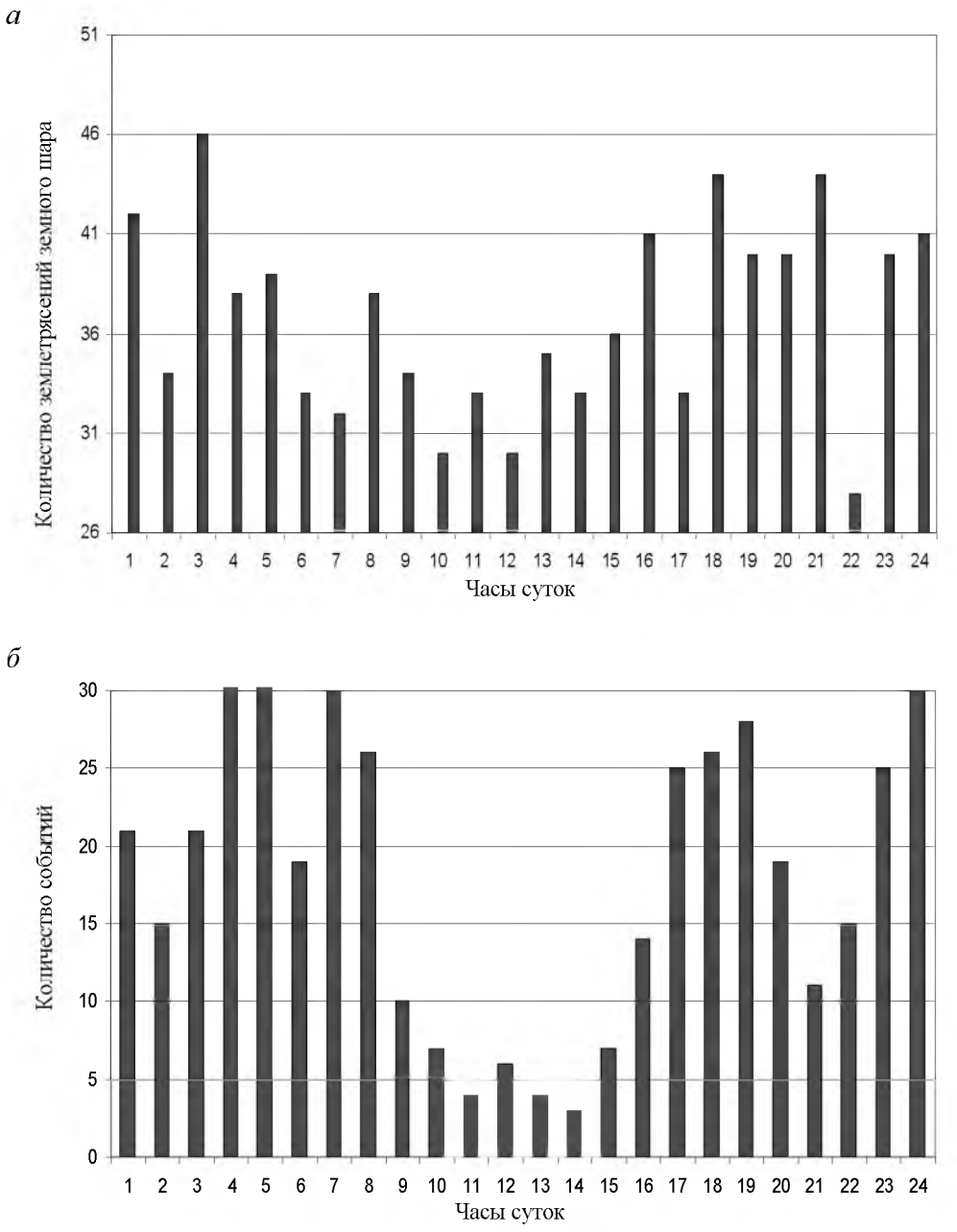


Рис.1. Суточный ход часового количества: *а* – землетрясений по местному времени за период с 1 августа 2004 г. по 5 февраля 2005 г.; *б* – сейсмических событий на шахте Полысаевская в Кузбассе

Выражение в скобках представляет собой коэффициент динамичности, который показывает, во сколько раз динамические напряжения при пульсациях в массиве превосходят статические.

В качестве аналога коэффициента динамичности предлагается использовать *коэффициент вариации числа геодинамических или сейсмических событий*, равный отношению их максимальных значений к средним, представленным в числовых рядах суточных, месячных, годовых, 11-летних и 70-летних циклов.

Суточный цикл. Были сопоставлены суточные циклы коэффициента вариации часового числа землетрясений земного шара (рис.1, *а*) и сейсмических событий в г.Полысаево (рис.1, *б*).

Из рис.1 следует, что наибольшее число землетрясений происходит в ночные и вечерние часы (соответственно в 1,65 и 1,57 раза больше, чем в полдень). Дневное время (с 8 до 15 часов) наиболее безопасно. Максимальное значение коэффициент динамичности имеет в 3 часа ночи и в 18-20 часов вечера по местному времени.

Анализ статистики взрывов на шахтах Кузбасса за последние 13 лет показал, что с 19 часов до 7 часов утра происходит 60 % взрывов метана, в том числе с массовой гибелью шахтеров: шахты «Зыряновская», 02.12.1997 г. в 01.15, 64 погибших; «Тайжина», 10.04.2004 г., в 02.50, 41 погибший; «Распадская», 08.05.2010 г. в 23.55 и 09.05.2010 г. в 03.15, 90 погибших. Днем взрывов меньше (40 %). Высокая сейсмическая опасность ночного времени подтверждается данными по Норильскому региону, где число сейсмических событий за час полярной ночи в 4 раза превосходит их число за час полярного дня.

Месячный цикл земного прилива. Рассмотрим характеристики выступов, впадин и амплитуд от лунно-солнечного прилива, в новолунии и полнолунии на поверхности Земли (рис.2) [3].

Из рис.2 следует, что в начале лунного месяца (1-е лунные сутки), когда Луна и Солнце находятся по одну сторону от Земли, они своим гравитационным воздействием максимально растягивают Землю по линии «Земля – Луна – Солнце», создавая выступ

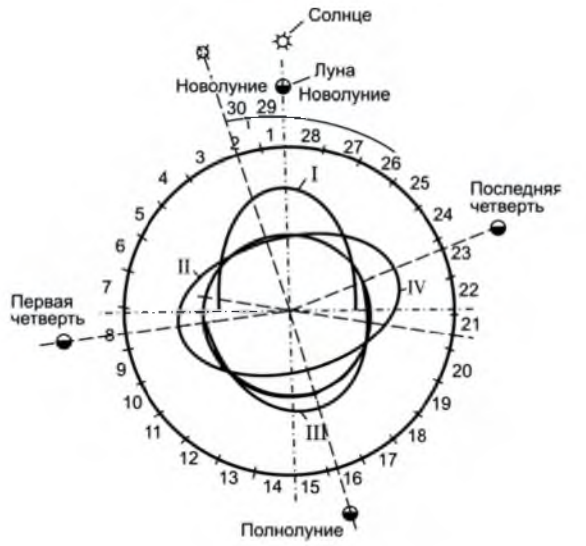


Рис.2. Диаграмма синодического лунно-солнечного месяца (период 29,53 сут) с указанием фаз и позиций Луны на околоземной орбите: новолуния (1-е лунные сутки), первой квадратуры (8-е лунные сутки), полнолуния (16-е лунные сутки) и второй квадратуры (23-е лунные сутки), а также выступов и впадин земного прилива, изменяющих свою амплитуду в течение лунного месяца

высотою 52 см и впадину (в перпендикулярном направлении) глубиною 26 см при суммарной амплитуде 78 см. В полнолунии (на 15/16-е лунные сутки), когда Луна и Солнце находятся по разные стороны от Земли, они максимально сжимают ее, отчего выступ и впадина сокращаются соответственно до 19,2 и 9,6 см, при амплитуде волны 28,8 см. В обоих случаях амплитуды смещения земной коры превосходят максимальные упругие статические деформации и вызывают вариации числа техногенных геодинамических событий в течение лунного месяца (рис.3).

Сравнив распределение сейсмических событий в г.Полысаево (рис.3) по руднику Таштагол [5], видим их полное совпадение в течение лунного месяца. Здесь так же, как и там, всплески сейсмической активности наблюдаются на границах лунных фаз на 8/9-, 15/16-, 23/24- и 29/1-е лунные сутки, а также в середине фаз: на 3/4-, 12/13-, 19/21- и 26/27-е лунные сутки, с такими же коэффициентами динамичности – от 2 в новолунии до 6 в полнолунии.

Опасность взрывов метана повышена в 2 раза в I и II фазах Луны, с 1-х по 16-е сутки лунного месяца, когда происходит сжатие

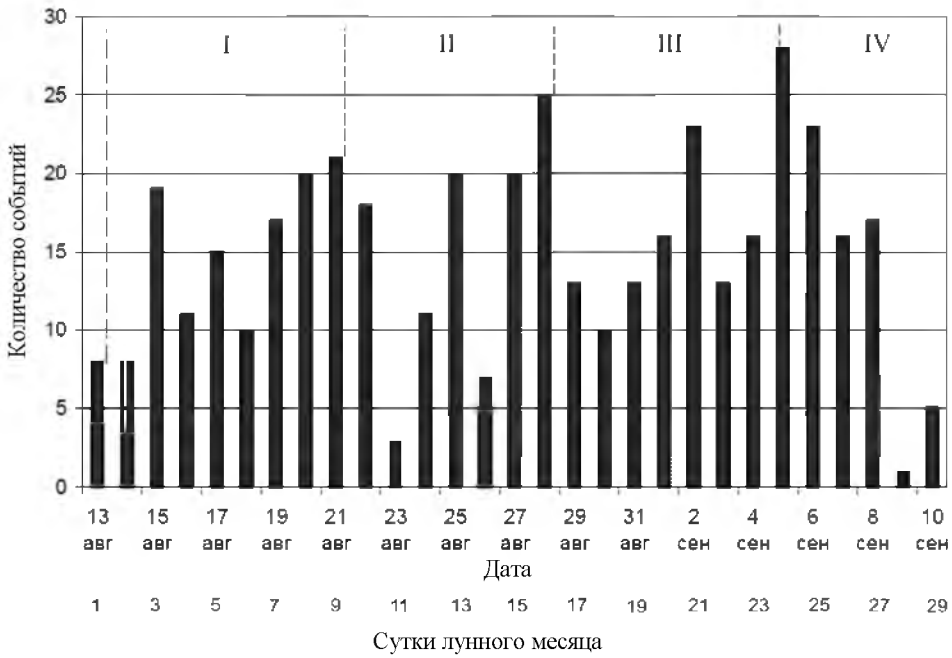


Рис.3. Распределение 422 сейсмических событий в г. Полысаево (Кузбасс) по суткам лунного месяца и фазам Луны (I, II, III и IV) с 13 августа по 10 сентября 2007 г.

Земли лунно-солнечным приливом. С 1975 г. на шахтах Кузбасса в I и II фазах лунного месяца произошло 94 взрыва; в III и IV фазах, с 17-х по 29-е сутки лунного месяца, когда происходит расширение Земли, их было только 45, т.е. в 2,08 раза меньше. Следовательно, существует ресурс для гармонизации интенсивности добычи угля с состоянием массивов: снижение добычи в фазах сжатия Земли необходимо компенсировать увеличением добычи в фазах расширения. Гибкое планирование нагрузки на выемочный комплекс с учетом вариаций состояния Земли позволит повысить безопасность труда и его экономическую эффективность.

Анализ числовых рядов лунно-месячного хода скоростей конвергенции стен горных выработок во время динамических фаз земного прилива и в статическом состоянии показал, что коэффициент вариации этих скоростей составляет 10 единиц и более [9].

Между фазами статического сближения стен выработок со скоростью 0,5-1,0 мм / сут существуют фазы пульсационного, динамического сближения со скоростью 10-15 мм / сут. Это происходит в отмеченные активные дни лунного месяца.

Годовой цикл активности [5] (рис.4). Значительные вариации энергетического состояния Земли происходят в годовом цикле геодинамической активности из-за вариаций скорости осевого вращения Земли, начинающегося 23 октября предыдущего года и заканчивающегося 23 октября текущего года.

В начале этого ротационного цикла, с 23 октября по 21 мая, скорость осевого вращения понижена по сравнению со средней. Все это время, включающее дни зимнего солнцестояния – 23 декабря, перигея – 3-го января, Земля находится в хвосте солнечной магнитосферы, в слабой плазме, в которой содержание электронов, возмущающих геомагнитное поле и вызывающих расширение Земли повышено до 50 %. В этот период входит и день весеннего равноденствия, когда точка зенита Солнца пересекает экватор Земли, где действие электронной солнечной плазмы становится наиболее сильным. Поэтому минимум скорости осевого вращения и энергии сжатия Земли приходится на март, после чего их значения увеличиваются. С 21 мая по 23 октября скорость осевого вращения повышена. Максимум скорости осевого вращения и сжатия ее в орбитальном годовом

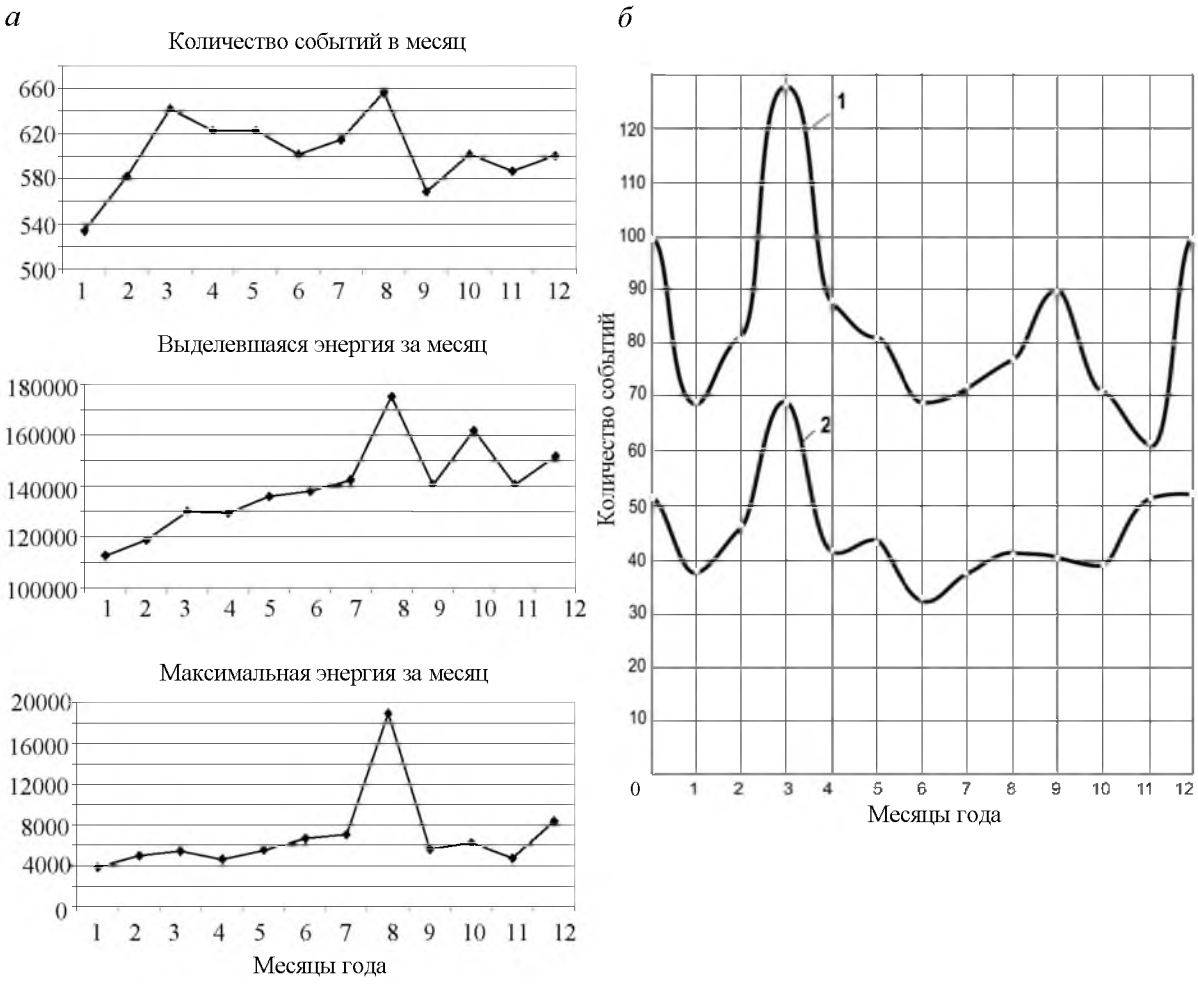


Рис.4. Годовой цикл сейсмической (*а*) и техногенной геодинамической (*б*) активности: *а* – рудники Норильска; *б* – число горных ударов и внезапных выбросов на всех угольных шахтах СССР с 1943 по 1996 г. (1), число землетрясений с магнитудой M ≥ 7 в 1955-1989 г. на земном шаре (2)

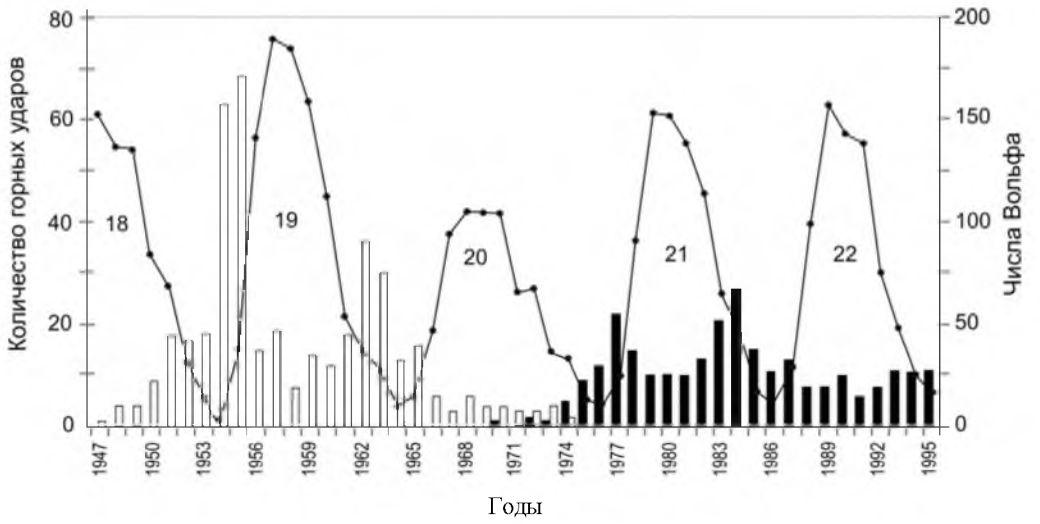


Рис.5. Временно́й ход числа горных ударов на шахтах и рудниках в 19-22-м циклах солнечной активности
Светлые прямоугольники – угольные шахты, темные – рудники

цикле приходится на август. Этот период включает день летнего солнцестояния – 18 июня, день апогея земной орбиты – 7-е июля, когда планета находится в соединении с центром Галактики и облучается сильной протонной галактической плазмой, на 90 % состоящей из протонов и только на 10 % из электронов, и день осеннего равноденствия – 18 сентября, когда Земля вновь, как в марте, проходит солнечный экватор и облучается слабой плазмой, вызывающей ее расширение и сброс энергии, накопленной при сжатии. В этот период Земля сжата по экватору и расширена в Заполярье.

По данным сейсмического мониторинга рудников Норильского ГМК (рис.4, *а*) в марте и в августе поток геодинамических событий увеличивается в 1,25-1,30 по сравнению с январем, суммарная энергия всех сейсмических событий возрастает в марте в 1,25 и в августе в 1,56 раза также по сравнению с январем (перигеем) Наконец, максимальная энергия сейсмических событий, способная вызывать геодинамические явления, в августе в 4,75 раза превышает энергию января. А ход сильных землетрясений, горных ударов и внезапных выбросов (рис.4, *б*) имеет коэффициент вариации равный 3 с максимумом в марте и минимумом в июне.

11-летний цикл геодинамической активности. В данном цикле, представленном на рис.5 и обусловленном циклом солнечной активности, наблюдается 6-10-кратное увеличение количества горных ударов на шахтах и рудниках в годы минимума солнечной активности по сравнению с их минимальным количеством в годы максимальной активности Солнца. Аналогично горным ударам распределены внезапные выбросы и взрывы метана на шахтах Кузбасса (рис.5).

Из рис.5 следует, что фаза затухания солнечной активности соответствует сжатию Солнца и планет, росту гравитационных сил, а фаза роста солнечной активности – их расширению и снижению гравитации в Солнечной системе. В соответствии с этим, количество горных ударов в годы минимума солнечной активности в 6-10 раз превышает их число в годы максимума. Количество взрывов метана в годы минимума солнечной активности в 4 раза превосходит их число в годы максимума, а количество внезапных выбросов – в 13 раз. Суммарная энергия землетрясений на Земле в годы минимума солнечной активности в 3-10 раз больше, чем в годы максимума.

«Вековой» (124-летний) цикл. Данный цикл активности включает фазы роста солнечной постоянной и ее спада по сравнению со средним уровнем. Последний цикл начался в 1930 г. С 1930 по 1982 г. была фаза повышенной солнечной активности, расширения Солнца и планет, а с 1982 по 2060 г., по прогнозу [1, 6] – фаза пониженной солнечной активности и сжатия Солнца и планет Солнечной системы. С 2007 г. сжатие оказалось настолько значительным, что возросшая гравитация подавила вспышечный процесс на Солнце и сопровождалась ростом сейсмической и техногенной активности в 5-7 раз (рис.6).

Можно предположить, что энергия событий в результате гравитационного сжатия Земли к 2035 г. увеличится в 14 раз по сравнению с 1982 г. – временем начала депрессии солнечной постоянной (рис.7). Этот факт требует осмысления для выработки инженерно-технических решений, способных противостоять этому вызову природы и связанным с ним рискам.

Природная и техногенная сейсмичность – разные стороны единого планетарного процесса энерготрансформаций, протекающих в геосферах под влиянием факторов космогенного происхождения.

Инновации в проектирование горнорудных предприятий включают:

- составление раздела природно-технических рисков планетарного и космогенного происхождения с указанием периодов геодинамической опасности и мероприятий по их коррекции, обеспечивающих безопасную и экономически эффективную работу предприятий;
- перераспределение нагрузки на забой во времени без ущерба для добычи, с концентрацией работ в неопасное время геодинамического цикла и снижением в опасные периоды по принципу гармонизации горных работ с космосом;

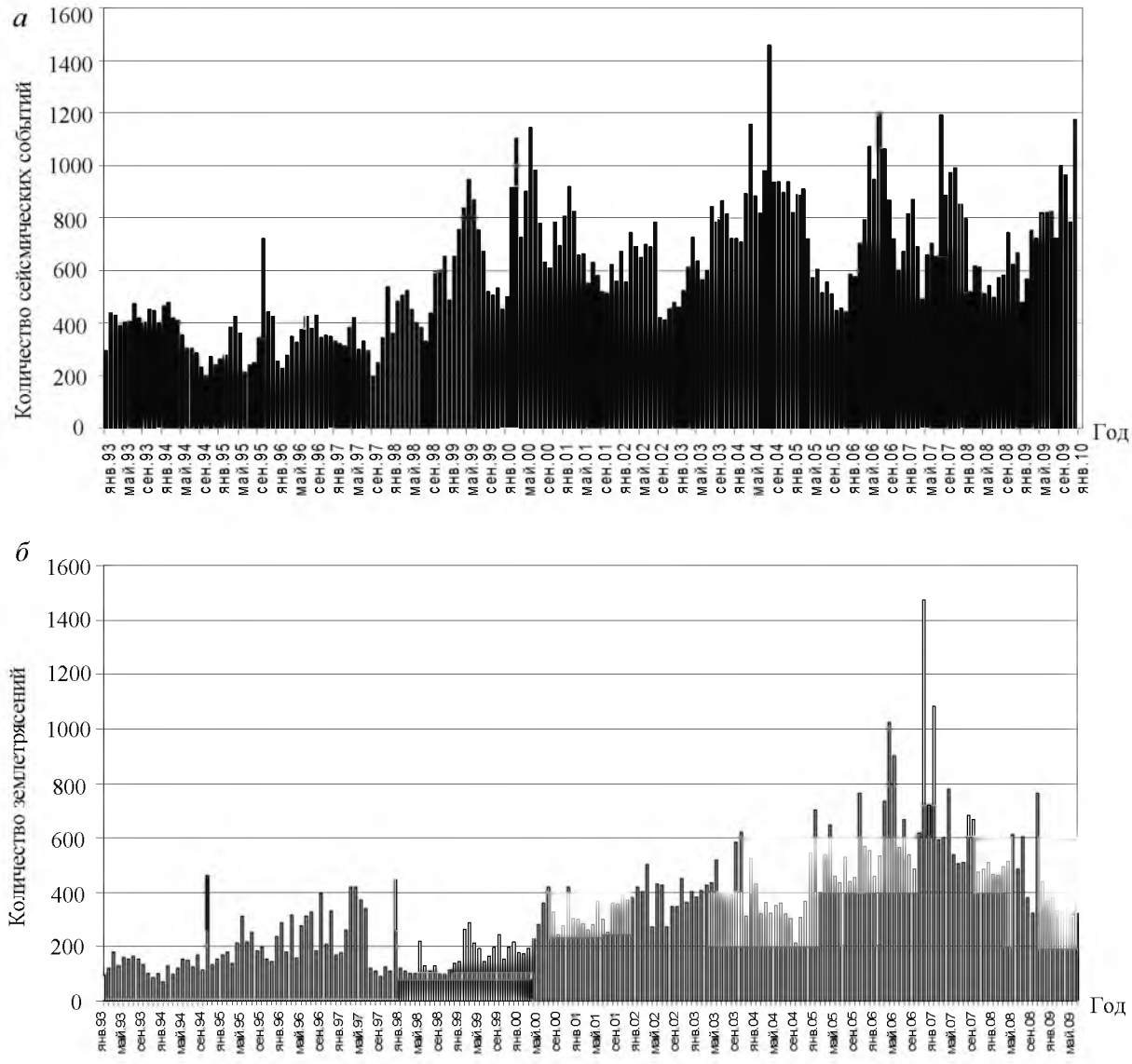


Рис.6. Временно́й ход в 1993-2009 гг. месячного количества:
а – сейсмических событий на рудниках Норильского ГМК; *б* – числа землетрясений в мире

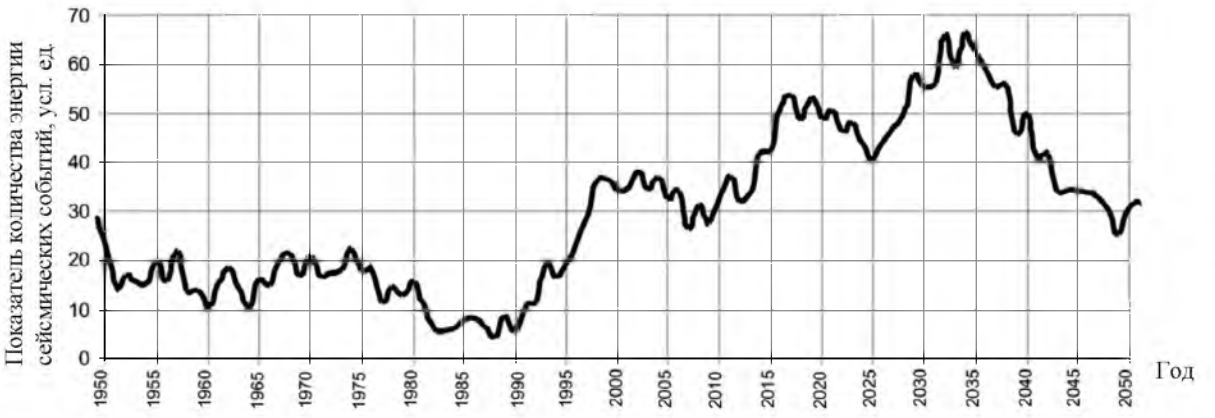


Рис.7. Прогнозный тренд техногенной сейсмической активности норильских рудников, полученный методом суперпозиции орбитальных циклов Солнца и планет [6]

• при геомеханических расчетах вертикальных напряжений от веса вышележащих пород введение обусловленного ротационно-пульсационным режимом Земли коэффициента динамичности массивов, равного 3 (для погашаемых выработок) и 5 (для капитальных выработок долгосрочной эксплуатации), – по аналогии с коэффициентами запаса в несущих элементах машинных систем, так как Земля работает в типичном динамическом режиме смещений, скоростей смещений, ускорений смещений и толчков в блочных системах;

• создание и применение системы автоматического контроля за сдвижениями, первичными и вторичными осадками основной кровли и системы автоматического управления вентиляцией выемочных участков и шахты перед экстренными загазованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдусаматов Х.И.* Солнце определяет климат // Наука и жизнь. 2009. № 1. 34 с.

2. *Дещаревский А.В.* Флуктуации геофизических полей и прогноз землетрясений / А.В.Дещаревский, А.А.Лукк, А.Я.Сидорин // Физика Земли. 2003. № 4. С.3-20.

3. *Мельхиор П.* Земные приливы. М.: Мир, 1964. 370 с.

4. *Сидоренков Н.С.* Физика нестабильностей вращения Земли. М.: Физматгиз, 2002. 380 с.

5. *Тарасов Б.Г.* Пульсации Земли и циклы геодинамической активности в потоках космической плазмы / МАНЭБ. СПб, 2009. 319 с.

6. *Тарасов Б.Г.* Прогноз тенденций геосферной активности методом суперпозиции орбитальных циклов Солнца и планет в условиях снижения солнечной постоянной / Б.Г.Тарасов, А.Г.Оловянный // Вестник Кузбасс. гос. техн. ун-та. 2009. № 6. С.1-9.

7. *Фёдоров В.В.* Единая теория поля / Санкт-Петербург. гос. электротехн. ун-т. СПб, 1999. 116 с.

8. Физика Космоса: Маленькая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1986. 783 с.

9. *Шабаров А.Н.* Динамика напряженно-деформированного состояния горного массива в волнах земного прилива / А.Н.Шабаров, Б.Г.Тарасов // Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. 2004. № 1. С. 3-10.

REFERENCES

1. *Abdusamatov Kn.I.* The Sun determines the climate // Nauka and Zhizn. 2009. N 1. 34 p.

2. *Descharevsky A.V.*, *Lukk A.A.*, *Sidorov A.Ya.* Fluctuations of geophysical fields and prognosis of earthquakes // J.Physics of the Earth. 2003. N 4. P.3-20.

3. *Melkhior P.* Terrestrial tides. Moscow: Mir, 1964. 370 p.

4. *Sidorenko N.S.* Physics of instability of the Earth's rotation. Moscow: Physmatgiz, 2002. 380 p.

5. *Tarasov B.G.* Pulses of the Earth and cycles of geodynamic activity in flow of cosmic plasma / IAES. Saint Petersburg, 2009. 319 p.

6. *Tarasov B.G.*, *Olovianny A.G.* Prognosis of tendencies of geospheric activity with the method of superposition of orbital cycles of the Sun and planets under conditions of decrease of the solar constant / Vernik of Kuzbas State Techn. University. 2009. N 6. P.1-9.

7. *Fedorov V.V.* Unified field theory / Publ. State Electrotechnical University. Saint Petersburg/ 1999. 166 p.

8. Physics of the Cosmos: Small Encyclopedia. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1986. 783 p.

9. *Shabarov A.N.*, *Tarasov B.G.* Dynamics, stress-strain state of rock mass in waves of terrestrial tide // Physica-technical problems in mineral mining. 2004. N 1. P.3-10.